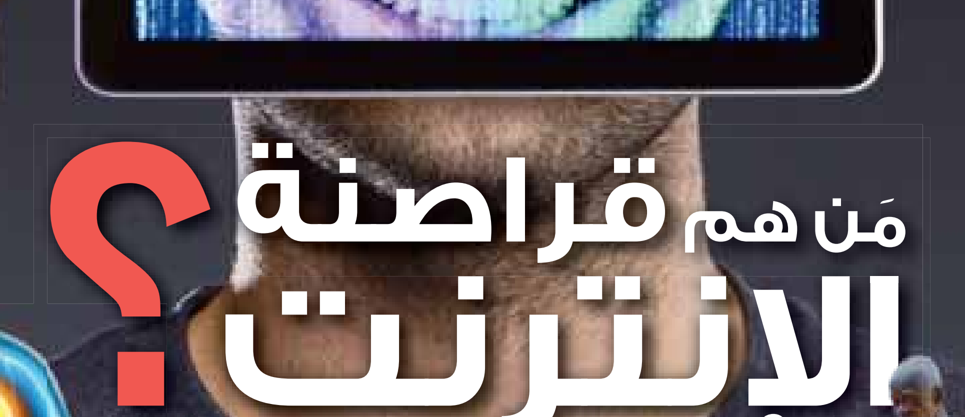
مجلة فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية - السنة (٣) العدد (١٢) إبريل ٢٠١٥م




مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST




صفحة ٦

أيمكن أن نتحوّل إلى عباقرة؟

صفحة ١٢٦

لا يزال عدد ضحايا إيبولا يتزايد:

إلى أيّ مدى قد يتفاقم الوباء؟

صفحة ١١٦

ISSN 1658 6239

المقالات المنشورة في هذا العدد مترجمة عن المجلة الفرنسية العلم والحياة « Science & Vie »

## كلمة العدد

تنوعت المواضيع في العدد الثاني عشر وتشعبت. ففي عالم الفضاء نعرض ذلك الصاروخ، الأقوى على الإطلاق، الذي ترمي وكالة ناسا من خلاله إلى إرسال رجال الفضاء نحو المريخ بحلول عام ٢٠٣٥م. ونكتشف في مكان آخر خريطة غريبة للكون أنجزها الفلكيون تبيّن مناطقه الخالية وقارّاته المجَرِّية. كما نعرّف القارئ بمميزات المرصد الأوروبي قيد الإنشاء التي تجاوزت كل الأرقام القياسية لرصد الكواكب.

وفي مجال المعلوماتية خصصنا مقالا مطولا لقضية القرصنة على شبكة الأنترنت. وفي هذا العدد نتعرف على القانون الجديد الذي يمنح الحق لكل مواطن أوروبي في أن يطلب من محرك جوجل إزالة الروابط على الشبكة إن كانت تلحق ضررا بشخصه. ومن جهة أخرى، تطرقنا إلى قوة حواسيب اليوم واستخدامها لتجهيزات إلكترونية يتصاغر حجمها أكثر فأكثر. والسـؤال المطروح الذي نجيب عليه هنا: إلى أي مدى ستتواصل عملية التصغير هذه؟

وفي مجال التقنيات، اخترنا مقالا تفصيليا حول دماغ الروبوت الذي صار اليوم يفوق دماغ الإنسان ليس من الناحية الميكانيكية فحسب بل من الناحية الفكرية أيضا! وتساءل مقال آخر، يُعنى بالمواد المتقدمة، حول إمكانية تغيير شكل أشابة مع احتمال إرجاعها إلى حالتها الأولى؟ لقد سجل الكيميائيون خطوة جديدة في هذا الاتجاه. ومما حَلُم به الكثيرون في العهود الغابرة تحويل الرصاص إلى ذهب. لكن ذلك كان بعيد المنال. وهنا نتساءل: هل يستطيع التقدم الذي أحرزته الفيزياء النووية تحقيق هذا الحلم؟ ولا نترك مجال الفيزياء دون تقديم سريع لمعرض أقيم حول مصادم الهدرونات الكبير الذي نصب تحت مدينة جنيف السويسرية.

وفي باب الأحياء والطب والصحة وَفّرنا عدداً من المواضيع المتنوعة، منها ما يتناول مقاومة البكتيريا للمضادات الحيوية، ومنها ما تطرق إلى موضوع السيجارة الإلكترونية ومنع بيعها للقصّر وتحريم الدعاية لها. ويعالج مقال بارز في هذا العدد موضوع العبقرية، إذ يمكن بطبيعة الحال أن نلد عباقرة، لكن هناك من أصبح بهذه الصفة بعد حادث عارض. فهل هذا يعني أن العبقرية كامنة فينا ويكفي أن نطلق سبيلها للتجسد؟ كما ركّز مقال آخر الحديث على فيروس إيبولا في إفريقيا.

ومن المواضيع المثيرة، ذلك المقال المطوّل الذي يطرح السؤال: ماذا لو قال قائل إنه لا ينبغي الحفاظ على البيئة؟ وماذا لو كان الحفاظ عليها يضر بها؟ وتطرقنا أيضا إلى المواد البلاستيكية التي تلوّث الكوكب وقدمنا خارطة للعالم تبيّن بالألوان كثافة ذلك التلوث حسب الأماكن. ولعلك سمعت أن في وادي الموت بكاليفورنيا توجد صخور تتحرك بذاتها قاطعة عشرات الأمتار. نكشف في هذا العدد عن سرّ هذا اللغز الذي دام نحو ٦٠ سنة.

وفي سياق البحث عن موارد أصيلة ودائمة للطاقة صار الباحثون اليوم قادرين على إنتاج الطاقة من خلال النوافذ والشاشات والزجاج الأمامي للسيارات. ذلك ما يوضحه أحد مقالاتنا. كما تعرضنا إلى موضوع محاكاة الانفجارات الذرية ومستجداتها، وكذا إلى الطاقة المستخلصة من غاز الفحم.

وكالمعتاد، تركنا باب "الأسئلة والأجوبة" مفتوحا لتزويد القارئ بمعلومات إضافية يقدمها المختصون بلغة سلسلة وأسلوب مبسط... والعدد ثري أيضا بجملة من الأخبار العلمية المتفرقة.

نأمل دائما أن نلبي أكثر فأكثر رغبة القارئ في باب الثقافة العلمية.

**رئيس التحرير**

# اقرأ في هذا العدد

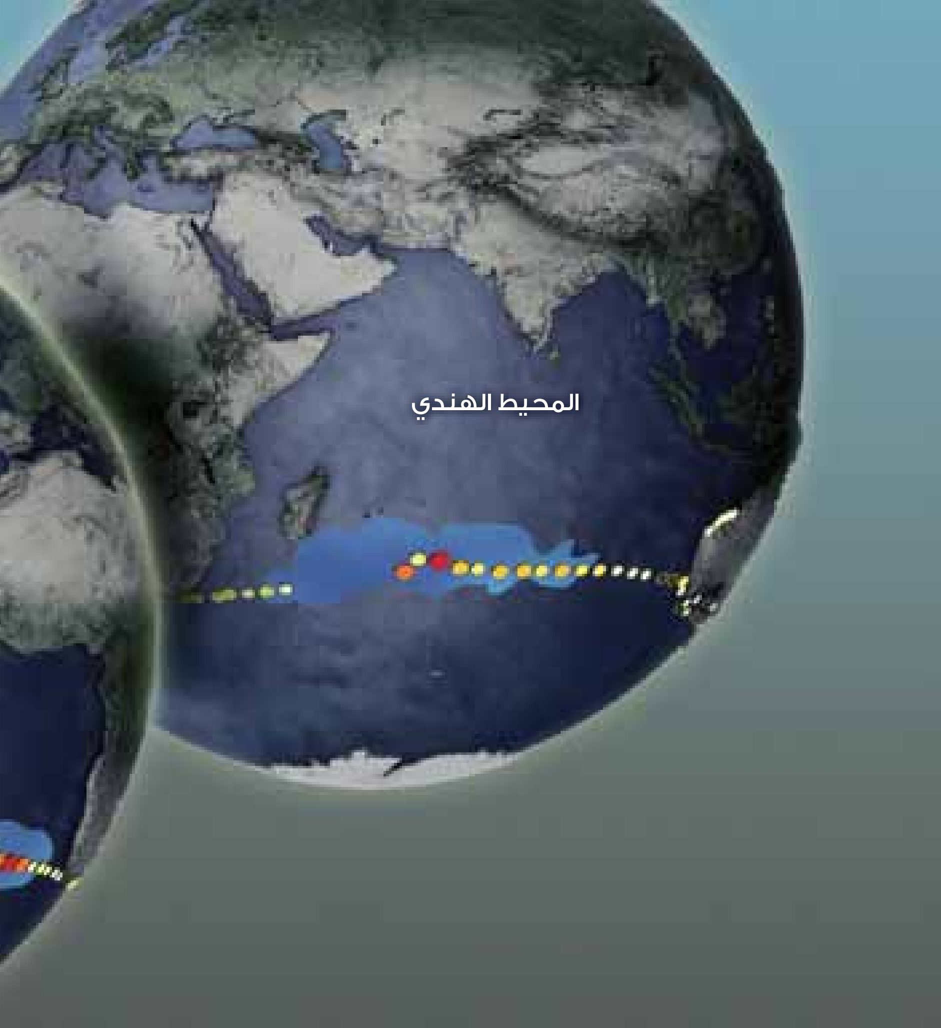



٢٢


٥٤


٩٢


١١٠




# كلّ المحيطات اليوم تلوّثها النفايات البلاستيكيّة[1]

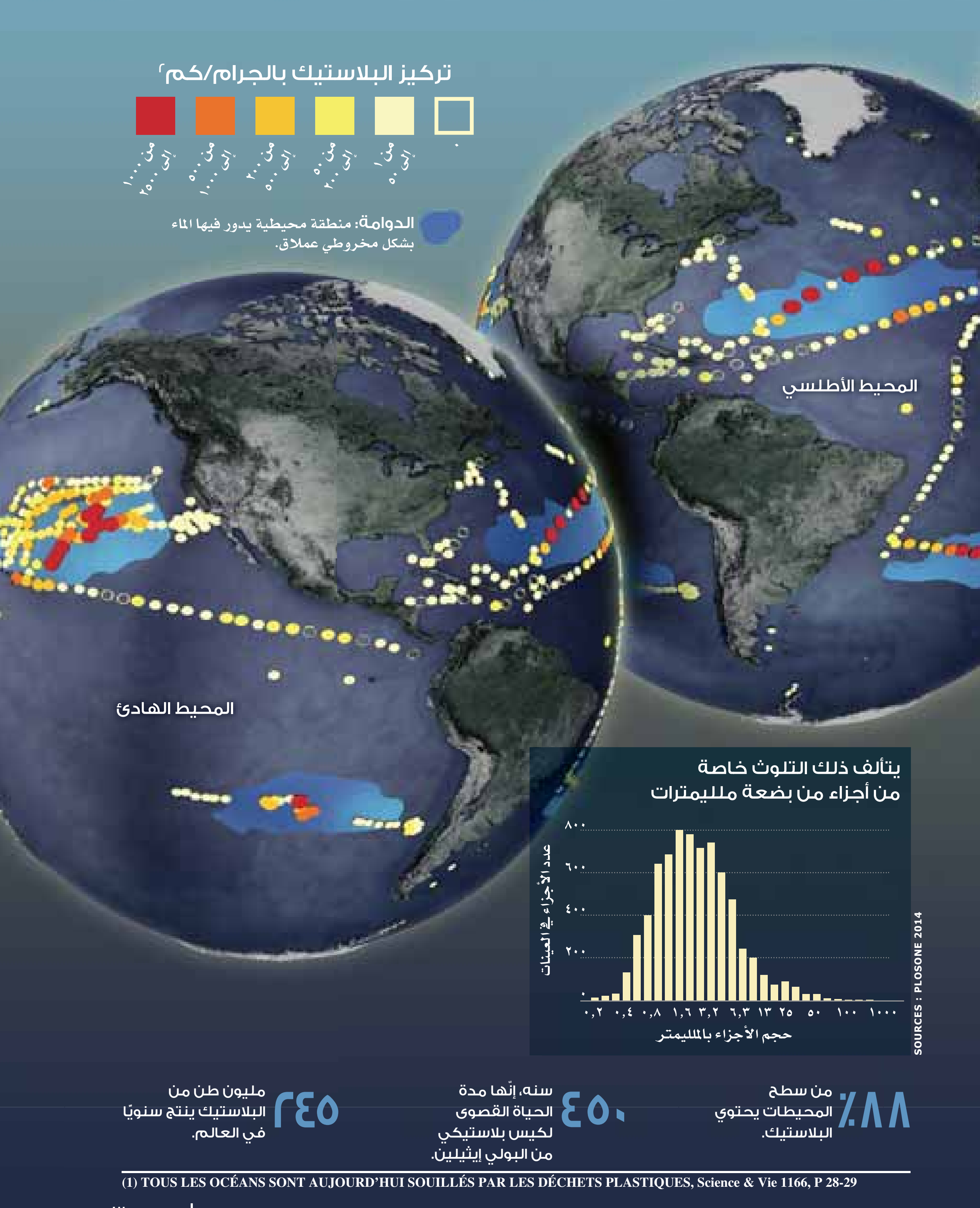
احتلّت «القارة السابعة» مكانًا لها على الخريطة. بعد أن جمع فريق أندريس كوزار Andrés Cozar (جامعة كاديكس، إسبانيا) تحاليل عينات مياه من السطح خلال عشرات المهمّات المحيطيّة - المهمّة الأبرز جالت ٦١ ألف كلم طوال تسعة أشهر في العام ٢٠١٠، تمكّنت من وضع توزيع عالميّ لطبقات من نفايات البلاستيك التي تتراكم بحسب التيارات.

وقد اتضح أن الأحياء البحرية تسبح في حساء من الرقائق البلاستيكية. يلاحظ أندريس كوزار قائلاً: "يظهر التلوث الذي تسيطر عليه أجزاء من أقل من سنتمتر واحد، في نحو ٩٠٪ من العينات الـ ٣٠٧٠". وكما هو متوقع، يتركز التلوث في الدوامات المحيطية الخمس -الدوارات العملاقة- في المحيط الهادئ، والمحيط الأطلسي والمحيط الهندي.

وبالتالي تفاجأ العلماء بكمية البلاستيك التي قدرت على ضوء عيناتهم: بين ٧ آلاف و٣٥ ألف طن. أي أقل بكثير من الكمية التي توقعتها الحسابات (ابتداءً من إنتاج البلاستيك العالمي وكمية النفايات التي تم تصريفها للأنهار والبحار). أجل! لكن يحذر الباحث قائلاً: "قد يمثل ذلك التلوث على السطح ١٪ فحسب من تلوث المحيطات الشامل". أما الباقي فيمكن أن يكون قد أُودِع على السواحل، وتَجَزأ إلى نفايات أصغر، أو ابتلعته الأسماك..." تظل الشكوك قائمة، خاصة بالنسبة إلى نتائج ذلك التلوث، لكننا متأكدون الآن أن تأثيره يمس المعمورة برمتها".

**A.P.**

G. CIRADE - M.KONTENTE




**٨٨٪** من سطح المحيطات يحتوي البلاستيك.

**٤٥٠** سنه، إنّها مدة الحياة القصوى لكيس بلاستيكي من البولي إيثيلين.

**٢٤٥** مليون طن من البلاستيك ينتج سنويًا في العالم.

(1) TOUS LES OCÉANS SONT AUJOURD'HUI SOUILLÉS PAR LES DÉCHETS PLASTIQUES, Science & Vie 1166, P 28-29




▲ تسبب الري العشوائي وقلة الأمطار عام ٢٠١٤ في جفاف كامل للجهة الشرقية لبحر آرال.

EARTH OBSERVATORY/NASA

# لم يبق شيء نسبيًا من بحر آرال

حوض بحر آرال الشرقي جافّ كليًّا! إنّه المشهد المؤسف الذي كشف عنه هذا الصيف القمر الاصطناعي تيرا، التابع لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا، فيما كانت تلك البحيرة المالحة –الواقعة بين كازاخستان في الشمال وأوزبكستان في الجنوب– هي البحيرة الرابعة الأهم على الأرض في الستينيّات الميلادية من القرن الماضي. وقعت الكارثة في تلك الفترة، عندما بدأ السوفييت يحوّلون نهريها الأساسيّين، الأمو داريا والسير داريا، لري حقول القطن. كما تسببت الأمطار الخفيفة وتساقط الثلوج بكميات قليلة في بامير Pamir –وهي سلسلة جبال تقع شرقي طاجيكستان– في ذلك الجفاف. وقد نجم عن هذا النقص في المياه، إلى جانب الري العشوائي، جفاف كامل للجهة الشرقية الذي تمت مشاهدته هذا الصيف. هذه ليست المرة الأولى التي تحصل فيها كارثة بيئية من هذا القبيل. فمنذ ٦٠٠ سنة، وقع حدث مشابه عندما تم تحويل نهر أمو داريا نحو بحر قزوين لاستغلال رماله المحملة بالذهب.

الخبر السعيد الوحيد: منذ العام ٢٠٠٣، تم بناء سد في كازاخستان بتمويل من البنك العالمي لاستعمال ماء نهر سير داريا لرفع مستوى القسم الشمالي من بحر آرال بمقدار ٨ أمتار، مما يقلص نسبة ملوحته ويساهم بذلك في عودة الأسماك.. **S.F.**

# مَن هم قراصنة الإنترنت؟[1]

ترفرف الراية السوداء على الإنترنت!
تزداد الأعمال المشينة للقراصنة
من دون دين ولا قانون في الشبكة.
يسلبون متصفّحي الإنترنت، ويعتدون
على المواقع، ويتجسّسون على الدول،
وعلى المؤسسات. القبّعات السوداء،
جواسيس الإنترنت، والمدمّرون défaceurs:
أجرت مجلة العلم والحياة للفتيان
تحقيقًا، واصطادت في شباكها كلّ
معرقلي تصفّح الإنترنت بسلام. وبعض
القبّعات البيضاء، وهم حراس الشبكة
العنكبوتية، فهم موجودون أيضًا...

MARC DA CUNHA LOPES POUR SVJ, MANNEQUIN : ELIOT MARGUIER

بقلم: فيليب فونتان و رومان رافجو[2]



# النهّابون

**الاسم** سايبر كريمينالز أو مجرمو الإنترنت.

**اللقب** بلاك هاتس (القبّعات السود، تيمّنًا بأفلام الغرب القديمة التي يلبس فيها الأشرار دائمًا قبّعات سوداء.

**عدد العناصر** مئة من «كبار الشأن» بحسب الأوروبول (شرطة الاتحاد الأوروبي). مئات الآلاف من اللصوص الصغار.

**الهدف** كسب المال بطريقة غير شرعية.

لماذا المجازفة بسرقة مصرف أو شاحنة مصفّحة عندما نستطيع أن نسرق مبالغ ضخمة ونحن أمام حاسوبنا؟ مع ازدهار الإنترنت، بادل جيل جديد من المجرمين بالسّطو المسلح قرصنةَ مواقع الإنترنت وخلق >الفيروس<. أعظم ضرباتهم: عمليّة «سلب» بـ ٣٠٠ مليون دولار (راجع المربّع في أسفل الصفحة المقابلة). في العام ٢٠١٣، بلغت قيمة الجريمة على الإنترنت الإجماليّة ٨٩ مليار يورو، ونهبت المبالغ من ٣٧٨ مليون شخص في العالم. بعد هذا الكلام، نتخيّل جيشًا فعليًا من القراصنة ينهبون الشبكة العنكبوتية، إلّا أنّه وبحسب الأوروبول، لا نعدّ اليوم سوى مئة مجرم إنترنت مهمّ، يتواجد معظمهم في المناطق الروسية. ينتجون برمجيات مسيئة، يبيعونها في منابر على شبكة الإنترنت لمجرمين آخرين، أقلّ موهبة في البرمجة. في حربهم المستمرّة على قوى الأمن، يتقدّمون دائمًا على من يطاردهم، ويجدون دائمًا أهدافًا جديدة يهجمون عليها. بعد ذلك، فإنّ عدد الفيروسات القادرة على إصابة الهواتف الذكية المجهّزة بنظام أندرويد قد انتقل من ٢٠٠٠ في العام ٢٠١١ إلى نحو ١٤ ألفًا في العام ٢٠١٢ ... R.R.

## ثغرة بشرية

عندما يشتكي مستعملٌ من أنّ حاسوبه لا يعمل، تقول مزحة من مزحات المعلوماتيّين إنّ الجرثومة تقع بين لوحة المفاتيح والكرسي: الإنسان. فهم القراصنة ذلك جيّدًا. إليكم حيلهم الأساسية التي يوقعونكم بها.

< **الفيشينغ phishing أو الصيد بالصنارة**

رسالة إلكترونية أرسلت إلى مئات الآلاف من متصفّحي الإنترنت، تشبه الآتي: "بسبب مشكلة أمن على حسابكم في موقع إي باي eBay، نرجو منكم النقر هنا لتغيير كلمة دخولكم". إن نقرتم، تصلون إلى صفحة تشبه صفحة إي باي. إنّها خدعة، برمجها قرصان، يطلب منكم من خلالها إدخال تسجيل دخولكم (الاسم ورمز الدخول) وأحيانًا رقم بطاقتكم المصرفية. في حال فعلتم ذلك، وهذا سيكون من سوء حظكم، تعطون القرصان وسيلة للدخول إلى حسابكم على موقع إي باي (لتفريغه) أو أسوأ من ذلك، يصرف مالكم بفضل رقم بطاقتكم. يكفي أن يقع أحد في الفخ لتدرّ الخدعة المال على القرصان.

< **السبير فيشينغ أو الصيد بالخطاف**

هذا الشكل المتطوّر أكثر من الفيشينغ، يستهدف مجموعة من المستعملين، مثلًا، موظّفي شركة ما. يصمّم القرصان رسالة إلكترونية «على الطلب» بالاستعلام مُسبَقًا عن الشخص الذي ينوي خداعه (فيبحث عن عنوانه، ورقم هاتفه...) لتكون الرسالة قابلة للتصديق، وتشبه كثيرًا رسالة قد يبعث بها زميل مثلًا. وهذه فعّالة أكثر من الصّيد بالصنارة البسيط! يرافق الرسالة الإلكترونية رابط أو وثيقة غير مهمة (رسالة من العمل، برنامج ما...) يحتاج منكم إلى أن تفتحوه. لكن ذلك الرابط أو الوثيقة يحمّل في الواقع برنامجًا مؤذيًا يعطي للقرصان مجالًا لدخول شبكة الشركة المستهدفة. حالما يدخل اللّص إلى الشبكة، يمكنه بسهولة الحصول على بيانات الموظّفين الشخصيّة.

< **المطاردة على شبكات التواصل الاجتماعي**

تقضي بتفحّص المعلومات المنشورة على تويتر، فيسبوك، آسك. آف آم، واستخدامها؛ للتسلّل إلى الحساب. مثلًا، عندما تفقدون كلمة دخولكم، يرسله لكم كثير من المواقع بوساطة رسالة إلكترونيّة، إنْ أجبتم عن «سؤال سرّيّ» من نوع: "ما اسم الحيوان الذي يرافقكم؟" في حال عرضتم صورة لحيوانكم الصغير على فيسبوك، مع كتابة "كلبي بينبان مجنون"، لا يعود الجواب سرّيًا لدى القرصان الذي يسرق منكم هويّتكم على ذلك الموقع! R.R.

BUNKA POUR SVJ

## إضاءة

إنّ **الفيروس** هو برنامج، يصيب غيره من البرامج بهدف التخريب. حالما يتركّز الفيروس، يتكاثر وينفذ نشاطًا سيّئًا (محو البيانات، عرض رسائل طفيليّة).

## أجهزة حاسوب أخذت رهائن

في ١٧ مايو ٢٠١٢، ظهرت رسالة تحذير على شاشة ٢١١٦ متصفح إنترنت فرنسي: "أوقفت الإدارة هذا الحاسوب؛ لأنه يحتوي بيانات حُمّلت بطريقة غير شرعية! تفضّلوا حالاً بدفع غرامة قدرها ١٠٠ يورو". بالطبع، لا علاقة للسلطات بالموضوع: في الواقع، كان فيروسًا. ووقع ٧٩ شخصًا في الفخ؛ أي ٧٩٠٠ يورو جناها المحتالون بسهولة. ولمّا كان هؤلاء قد اعتدوا في الوقت نفسه على بلدان عدة في الاتّحاد الأوروبي، ارتفعت حصيلة ما جمعوه في الواقع إلى ٧١ ألف يورو! تتطلب قرصنة أجهزة حواسيب الأفراد مهارات أقلّ من جانب مجرمي شبكة الإنترنت، مقارنةً بالتعدّي على أنظمة حاسوب شركات كبرى: في الواقع، إنّ الضحية هي التي تركِّز الفيروس في جهازها، عندما تحمّل برامجَ غالبًا أو عندما تفتح ملفًّا تلقته بوساطة البريد. لحسن الحظ، هذا النوع من البرامج المؤذية (أو مالاوير) أصبحت تكتشفها أكثر فأكثر مضادّات الفيروسات في أجهزة حاسوب المكاتب. لسوء الحظّ، لا يستسلم القراصنة: «يخطفون» الآن أجهزة الهاتف الذكية، التي لا تحظى بحماية كافية بقدر أجهزة الحاسوب. **R.R.**

## أعظم عمليّة سرقة في القرن

خلال خمس سنوات، تسلّلت مجموعة من القراصنة الروس والأوكرانيّين في أنظمة حاسوب شركات كبرى (شركة البورصة نازداك، كارفور، المصرف البلجيكي ديكسيا...) لسرقة أرقام بطاقات الزبائن المصرفية. كيف تمكّنوا من اختلاس ٣٠٠ مليون دولار قبل أن تمسك بهم الشرطة الأمريكية؟ إليكم التفسير.




١) يقوم الزبائن بإنشاء حسابهم على شبكة الإنترنت مع رسالة إلكترونية وكلمة سر على خوادم الشركة (مثلًا، كارفور، لشراء الأغراض على شبكة الإنترنت). يرسلون رقم بطاقتهم المصرفية التي تخزن في قاعدة بيانات.

٢) يستغل القرصان نقص السلامة على صفحة استعادة كلمات السر؛ ما يخوّله إنشاء حساب ينجح من خلاله بتركيب برنامج مؤذ على خوادم الشركة.

٣) هذا البرنامج المؤذي أو المالاوير له ثلاث وظائف. الأولى: يستعيد أرقام بطاقة الشراء المصرفية للذين سبق لهم إنشاء حسابات. والثانية: يعترض بيانات الزبائن الجدد المصرفية الذين يفتحون حسابًا. الوظيفة الثالثة: يرسل المعلومات المستردة إلى قرصان ثان.

٤) بوساطة تلك البيانات، يطبع القرصان الثاني بطاقات مصرفيّة مزوّرة، ويعيد بيعها بين ١٠ و٥٠ دولارًا. تستعمل تلك البطاقات لاحقًا لسحب الأموال أو للقيام بعمليات شرائية لا تطلب رمز دخول ومن أمثلة هؤلاء القراصنة الروسي ديميتري سميليانتس **Dmitry Smilyanets** مدير فريق لاعبين كان ضمن شبكة سرقة واحتيال بوساطة البطاقات المصرفية على شبكة الانترنت التي اختلست ٣٠٠ مليون دولار!.

ROMAIN TRYSTRAM POUR SVJ

# الحماة




**الاسم** هاكرز أو القراصنة (من الإنجليزية to hack أي «تقليم» أو «فرم»).

**اللقب** وايت هاتس (قبّعات بيضاء، تيمّنًا بأفلام الغرب القديمة، التي كان يلبسون فيها الأبطال دائمًا قبّعات بيضاء).

**الهدف** تعزيز السلامة المعلوماتية.

أمّا هؤلاء فهم القراصنة الطيبون. إنّهم مبرمجون عصاميّون غالبًا، تعلّموا التعامل مع البرمجيات والآلات والشبكات بملامستها؛ ليفهموا طريقة عملها. بعكس مجرمي الإنترنت، يتصرّفون مكشوفي الوجه، مع أنّهم يلامسون أيضًا الأعمال غير الشرعية: يستعملون في الواقع التقنيات نفسها لاقتفاء النقاط الضعيفة في أنظمة الحاسوب. لكن بدلًا من استغلالها، يكشف أصحاب القبّعات البيضاء عن ذلك النقص إلى صاحب النظام ليصحّح المشكلة. وثمّة أصحاب القبعات الرماديّة (غراي هاتس)، إنّهم أكثر غموضًا، ويفضّلون أن يكشفوا علنًا عن الخلل الذي يكتشفونه، مع احتمال فتح مدخل إلى القراصنة قبل أن يصبح الموقع آمنًا. قد يعدّ بعضهم القرصنة هواية سهلة، لكنّها قد تصبح مهنة فعليّة. بحسب ما يشير إليه فرانك إيبل Frank Ebel الذي يدرس «القرصنة الأخلاقية» في موبوج "تتطوّر التقنيات بسرعة كبيرة إلى حدّ أنّ القرصان الذي يأخذ شهرًا من العطلة، يحتاج إلى مدّة قدرها من ثلاثة إلى أربعة أشهر من العمل المكثّف؛ ليعود إلى المستوى المطلوب". أكثر من عمل، أن تكون أصحاب قبّعة بيضاء. هذا أسلوب حياة! **P.F.**

BUNKA POUR SVJ

## مهنة: صياد المكافآت

"مطلوب: إلى كلّ القبعات البيضاء، نقدّم جائزة كبرى لاكتشاف أيّ ضعف في أنظمتنا". قد يبدو هذا الإعلان خدعة. لكنّ معظم مؤسسات الشبكة العنكبوتية، من فيسبوك إلى مايكروسوفت، مرورًا بتويتر، تلجأ إلى صيادي جوائز لتعزيز أمنها. نسمّي ذلك باغ باونتي (لا علاقة للاسم بلوح الشوكولا، بل الاسم يعني «جائزة» أو «مكافأة» بالإنجليزية). وفقًا لأهمّيّة النقص المكتشف، تدفع جوجل بذلك من ٥٠٠ إلى ١٥ ألف دولار!! **P.F.**

ترجمة: "لم يتمّ تفكيك تشفير الملف Open source Mega بعد! نعرض ١٠ آلاف يورو على من ينجح بتفكيكه. سنبقيكم على اطّلاع بالمستجدّات".


Kim Dotcom
@KimDotcom
#Mega's open source encryption remains unbroken! We'll offer 10,000 EURO to anyone who can break it. Expect a blog post today.




## الكل في خدمة الفرد والفرد في خدمة الكل

بعكس المجرمين على شبكة الانترنت، يعلن القراصنة عن اكتشافاتهم، لا سيما خلال التجمّعات العملاقة مثل الديف كون Def Con في الولايات المتّحدة، أو ليلة القرصنة في فرنسا. وتكون الاكتشافات المعلن عنها مذهلة للغاية غالبًا: في أغسطس الماضي، أظهر علماء أمريكيون أنّه بالإمكان قرصنة صور الماسح الجسدي المستعملة في المطارات لتمرير أسلحة بهدوء! يكفي لهذا الغرض إدخال رمز مؤذٍ في الآلة – مثلًا، بوساطة مفتاح تخزين بسيط. هذا الرمز يدخل تعليمات طفيلية في برنامج الآلة، التي تكلّف عادة بتصوير الركاب بالأشعة السينية لاكتشاف الأغراض التي يخبّئونها. تنطلق التّعليمات في حال اكتشف الماسح شكلًا محدّدًا على ملابس راكب ما: على شاشة المراقبة، لا تظهر صورة الشخص الفعلية، بل صورة مزيفة مسبقة التسجيل في الرمز المؤذي؛ ما يخول الراكب تمرير أسلحة من دون أن ينتبه إليه عامل المراقبة. أمام الحشود المصعوقة في الديف كون، قدم القبعات البيضاء عرضًا على ذلك. تمكّن صانعو الماسح لحسن الحظ من ضبط أجهزتهم؛ لتجنّب حصول هذا السيناريو الكارثي في مطار فعلي. **P.F.**

PATRICK LUX / GETTY / AFP

∧ اجتماع لنادي فوضى الحاسوب في هامبورغ (ألمانيا)، إحدى منظمات قراصنة الحاسوب الأكثر تأثيرًا في أوروبا.

RADSEC



> بفضل هذا القميص، يمكن قرصنة صور الماسح بالأشعة السينية عن التفتيش الأمني... بشرط أن يكون قد أُدخِل فيروس مسبقًا في برنامج الآلة.

## عندما يقوم قراصنة الحاسوب بدور القراصنة المؤذين

عندما ترغب مؤسسة بضبط أمن أنظمتها المعلوماتية، تستخدم قراصنة يلقبون بـ pentesters (وهي دمج لكلمتي اختراق واختبار؛ أي «مختبرو الاختراق». يقول أوليفييه فرانشي Olivier Franchi مدير سيسدريم، شركة متخصصة بالأمن المعلوماتيّ: "ننجز اختبارات اختراق باعتماد تقنيات المجرمين، لكن لوقت محدّد فحسب". وكلّ الوسائل جيّدة، مثلًا:

> استغلال ثغرة في السلامة. إنّ البرنامج غير المستحدث هو باب مفتوح للقرصان حتّى للقرصان المبتدئ.

> استعمال معلومات شخصية. تؤمن سلة المهملات في الشركة عنوان العميل الإلكتروني. ويمكن أن نتّصل به زاعمين أنّنا زملاء. والأكثر؟ العثور على العنوان الشخصي لموظّف يخترق خادم المؤسسة بوساطة هاتفه النقال غير الآمن.

> الاعتداء المكثّف. يستعمل القرصان برنامجًا أو مجموعة من الآلات <الزومبي>؛ لإطلاق اعتداء مكثّف على الشبكة المستهدفة، بقصد شلها، ومنع كلّ تواصل مع الخارج. **P.F.**

### إضاءة

يُسمّى جهاز حاسوب **زومبي** عندما يكون تحت سيطرة قرصان ما، يمكن أن يستعمله –بلا علم– صاحبه؛ للاعتداء على أجهزة حاسوب أخرى، أو نشر فيروسات أو برامج مؤذية.

أسرار الدولة هي من شأننا!

# المتطفّلون

**الاسم** جواسيس الإنترنت.

**اللقب** قراصنة تابعون للدولة.

**عدد العناصر** الآلاف في الصين، والولايات المتّحدة الأمريكية. العدد غير معروف في البلدان الأخرى.

**الهدف** جمع المعلومات وسرقة الأسرار لحساب حكومة (أو أحيانًا شركة). تقريبًا كما كان القراصنة ينهبون البحار في خدمة الملك في الماضي.

أنسوا المهمّات الساحرة على طريقة أفلام جيمس بوند، فإنّ جواسيس الشبكة العنكبوتية يمضون حياتهم في المكتب. يتفحّصون الإنترنت؛ لجمع معلومات مصنّفة «فائقة السرية». قد تكون تفاصيل عن عمليّات عسكرية، أو عقود صناعية أو حتّى معلومات دبلوماسية تتعلّق بكبار هذا العالم: رؤساء دول أو حكومات، رجال دين.

لإنجاز تلك المهمات، تستخدم الدول مرشّحين من كفاءات متنوعة، من عصاميين لامعين إلى مهندسين مختصّين. علينا الاعتراف بأنّ عدد البيانات التي تتنقل على شبكة الإنترنت خيالية: يتمّ تبادل حوالي ٥٢ إكزا بايت (٥٢ مليار من >الجيجا بايت<) كلّ شهر حول الأرض! ففي هذه الكثافة العملاقة من المعلومات، يعمل جواسيس الإنترنت. لكنْ من المستحيل أن نعرف كيف يعمل رجال الظلّ هؤلاء. إنه موضوع حسّاس للغاية. **R.R.**

BUNKA POUR SVJ

## إضاءة

تشفّر البيانات المعلوماتيّة على شكل أرقام ثنائية (٠ أو ١) تسمّى بت. ويتضمّن البايت ٨ بت. ويتضمّن الميجا بايت (Mo) مليون بت، والجيجا بايت (Go) مليار بت، والتيرا بايت (To) ألف مليار بايت.

## في عين وكالة الأمن القومي

الولايات المتحدة هي بطلة مراقبة الشبكات من دون منازع. منذ العام ٢٠٠٧، يمكن للوكالة الأمريكية للأمن القومي (وكالة الأمن القومي أو NSA) أن تراقب كلّ ما يمرّ على الإنترنت، وتسمع الهواتف النقّالة. وهذا التجسّس شرعي بالفعل (بالطبع، حتى لو لم تعترف بذلك قط، فوكالة الأمن القومي يمكنها أيضًا أن تمارس التنصّت «البربري» غير الشرعي). يسمح القانون الأمريكي في الواقع للوكالة بالطلب إلى كلّ مؤسسات شبكة الإنترنت المتمركزة في الولايات المتحدة بمدّها بمعلومات عن أيّ مستعمل كان –بشرط ألّا يكون هذا الأخير مواطنًا أمريكيًا أو قاطنًا على الأراضي الأمريكية. إلّا أنّ كلّ عمالقة الشبكة العنكبوتية (فيسبوك، جوجل، مايكروسوفت، أبل، أو أمازون.)، التي تعدّ المليارات من المستخدمين، يقع مركزها الأساسيّ في الولايات المتحدة، وتخضع لذلك القانون؛ لكن ثمّة أمرٌ أقوى من ذلك: لمّا كانت الكابلات البحريّة الضخمة التي تنقل البيانات بين الولايات المتحدة وباقي العالم تملكها أيضًا شركات أمريكية، فيمكن لوكالة الأمن القومي أن تتّصل بها مباشرة! بعبارة أخرى، لا أحد في مأمن من جواسيس وكالة الأمن القومي. **R.R.**



أحد الأماكن الأكثر أمنًا في العالم: مركز وكالة الأمن القومي الرئيس، في فورت ميد (الولايات المتحدة الأمريكية).

NSA

## الوحدة ٦١٣٩٨ في الجيش الصيني

في العام ٢٠١٣، أكّدت شركة مانديان Mandiant وهي شركة متخصّصة بالأمن المعلوماتيّ أنّ وحدة سريّة من جواسيس الإنترنت تابعة للجيش الصيني اخترقت أكثر من ١٤٠ مؤسسة معظمها مؤسسات أمريكية. سرقت مئات <التيرا بايت> من البيانات. أنكرت بكين حالًا سرقة البيانات. لكنّها لم تعلّق على الوحدة السّريّة. إلّا أنّه في الدبلوماسية، يقال: "الامتناع من الإنكار يعني الاعتراف!" إنّ العدالة الأمريكية متأكّدة كليًّا أنّ تلك الوحدة قائمة: في شهر مايو ٢٠١٤، طالبت بتوقيف "خمسة ضباط سابقين منضمّين إلى الوحدة ٦١٣٩٨"، وضعوا فيروسات في أجهزة حاسوب شركات أجنبية في طور التفاوض على عقود مع الصّين. سمحت المعلومات (رسائل إلكترونية، خرائط مصانع، عقود لقضايا أخرى عالقة...) للصينيين بالشروع بالمفاوضات مع ميزة كبيرة: أنهم يعرفون مُسبَقًا «لعبة» منافسيهم! **R.R.**




< تطالب الولايات المتحدة برأس جواسيس الإنترنت الصينيين هؤلاء. اخترقوا أجهزة حاسوب شركات كانت في طور التفاوض التجاري مع الصين.

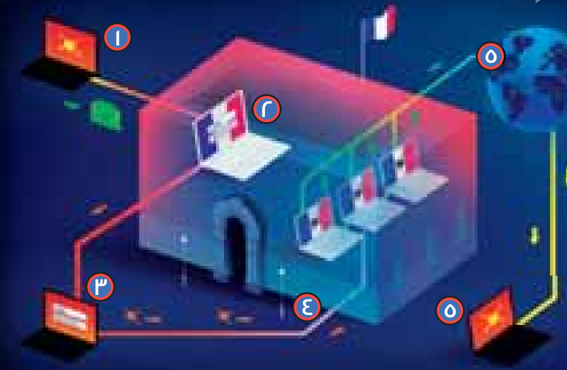
CHARLES PHARAPA / AP / SIPA

## يتمّ التجسّس على الإليزيه!

بين دورتي الانتخابات الرئاسية الفرنسية في العام ٢٠١٢، تعرّضت أجهزة حاسوب الإليزيه إلى اختراق من <دودة حاسوب>. تلك الدودة جمعت معلوماتٍ متعدّدةً من مستشاري رئيس الجمهورية المقرّبين في ذلك الوقت نيكولا ساركوزي. من كان المموّل؟ إنّها الولايات المتحدة الأمريكية (وأنكروا علاقتهم بالمسألة بالتأكيد). مقصدهم؟ جمع الوثائق الدبلوماسية المتعلّقة بالعلاقات بين البلدين.

### إضاءة

**دودة حاسوب**
هي برنامج مؤذ لا يحتاج إلى اختراق برنامج آخر لدخول جهاز حاسوب. إنّه مستقل وهو قادر على غزو شبكة بكاملها ابتداءً من جهاز حاسوب واحد.




١) فتّش القراصنة أوّلًا على فيسبوك عن أشخاص يعملون في الإليزيه. بفضل المعلومات التي جُمعَت، أرسلوا رسالةً إلكترونية إلى الأشخاص الذين اُكتُشفوا على شبكة التواصل الاجتماعي. تضمّنت تلك الرسالة الإلكترونية، رابطًا نحو صفحة مزيّفة تشبه بالضبط الصفحة التي تسمح بالاتّصال بشبكة الإليزيه الداخلية.

٢) لم تدرك الضحيّة شيئًا: نقرت على الرابط الذي نقلها إلى الصفحة المزيفة وسجّلت كالعادة، دخولها للاتّصال بالشبكة.

٣) في الواقع، أرسلت تلك الصفحة «الطعم» تسجيل دخول الضحية مباشرة عند القراصنة الذين استعملوا تلك المعطيات لدخول شبكة الإليزيه الداخلية.

٤) ثبتوا عند ذلك دودة حاسوب. وتلك الدودة انتشرت في أجهزة حاسوب مستشاري الرئيس. جمعت مستندات سرية وأرسلتها إلى الخارج.

٥) انتقلت المستندات على خوادم متعدّدة لتشويش الأثر، ومنع الوصول إلى مصدر الاعتداءات، ثمّ جمعها القراصنة. **R.R.**

ROMAIN TRYSTRAM POUR SVJ

# المزعجون

## سكريبت كيديز

**الاسم** سكريبت كيديز (حرفيًا «صغار النصّ»)، النصّ هو شكل كتابة شفرة الحاسوب).

**الهدف** الشهرة.

**الخطر** ☠ ☠

يفتخر القراصنة المبتدئون هؤلاء بإنجازاتهم على شبكات التواصل الاجتماعي أو في المدرسة، لكنّ معظمهم لا يفهم شيئًا عن عمل شبكة الحاسوب. وبصورة متناقضة، ذلك الجهل هو الذي يجعلهم خطيرين. لمّا كانوا عاجزين عن كتابة برنامج مؤذٍ بنفسهم، يستعملون البرامج المؤذية التي كتبها القراصنة الحقيقيون، من دون معرفة ما تحويه بالضبط!

وفيما يتسلّون بالسيطرة «بهدف المزاح» على حاسوب أو موقع على الإنترنت، يشاركون من دون علم منهم بنشر فيروس غالبًا، أو بشلل شبكة حاسوب مؤسّسة ما. باختصار، هؤلاء القراصنة المبتدئون هم طرائد مهمّة لمجرمي شبكة الإنترنت الحقيقيين. وإنّ أجهزة حاسوب السكريبت كيديز هي في الواقع الأجهزة الأولى التي تخترقها غالبًا البرامج المؤذية التي يؤمنّها مجانًا أصحاب القبعات السوداء... **P.F.**

## مدراء خوادم خاصة

**الاسم** مدير خادم خاص.

**الهدف** الإثراء الشخصي.

**الخطر** ☠

أرباح كبيرة، معرفة تقنية ضعيفة مطلوبة: تجذب الألعاب التي تتطلّب عددًا كبيرًا من اللاعبين، مثل: عالم حرفة الحرب (World of Warcraft WoW) اللصوص. تقضي الحيلة بتركيب اللعبة على >خادم< خاصّ، وعرض على اللاعبين الاتّصال بشبكة الانترنت بثمن أقلّ من الثمن الذي يطلبه الناشر على خوادمه الرسميّة. ☠

## هاكتيفست

**الاسم** هاكتيفست (دمج الكلمتين «هاكر» و«أكتيفيست»؛ أي قرصان وناشط).

**الهدف** نشر رسالة سياسية أو دينية.

**الخطر** ☠ ☠ ☠

لا شيء يضاهي الشّبكة العنكبوتية لنشر أفكارهم في أنحاء العالم جميعًا. مهما كانت تلك الأفكار، هنا تكمن المشكلة. مجموعة تيليكوميكس، هي المدافعة عن حرية التعبير، ساعدت بذلك، خلال >الربيع العربي<، المتمرّدين المصريين على الالتفاف على الرقابة التي فرضتها الحكومة وتجنّب مراقبة الشبكات. يقود بعض القراصنة النشطاء معارك أكثر غموضًا: الأنانونيموس مثلًا (راجع مجلّة العلم والحياة للفتيان «Science & Vie Junior» العدد ٢٥٩)، الذين يدافعون عن «العدالة والحريّة»! يقود أعضاء تلك المجموعة الكثير من الحملات غير المتصلة بعضها ببعضها الآخر: التبليغ عن المنحرفين، شلّ مواقع معبد السينتولوجيا (أدانته فرنسا مؤخّرًا بتهمة ابتزاز مناصريها المالي) أو مؤسسة مونزانتو (التي تبيع الذرة وغيرها من النباتات المعدّلة جينيًّا). في النهاية، من جانب القرصنة الناشطة الأكثر ظلامية، تجمع «جيوش الانترنت» أعضاء جماعات إرهابية أو جماعات متطرفة دينيًّا تقود هجمات على مواقع «عدوة». من بينها، اثنتان تعلنان أنّهما من القاعدة، وهي المنظمة الإرهابية المسؤولة عن اعتداءات الـ١١ من سبتمبر ٢٠٠١ في الولايات المتحدة الأمريكية. **P.F.**

### إضاءة

**الربيع العربي**

هو الاسم الذي أعطي للثورات الشعبية التي انطلقت منذ العام ٢٠١٠ في بلدان عدّة من شمالي إفريقيا والشرق الأوسط. أدّى بعضها إلى انهيار الأنظمة، كما في مصر وتونس.



الولايات المتحدة، تمكّنت أليسون ريفز بعد ذلك من جذب ٤٢٧ ألف لاعب على نسختها المقرصنة من لعبة WoW؛ ما جعلها تجني ٣ ملايين دولار... وحكم عليها بدفع غرامة بلغت ٨٨ مليون دولار! في العام ٢٠١١ في فرنسا، حكم على مديرين بدفع غرامة قدرها ٢٥٠ ألف يورو؛ لأنهما استضافا خوادم خاصّة لـ دوفوس. لكن هذا لا يكفي لوقف المدّ: إنّ عدد الخوادم الخاصّة كبير للغاية إلى حدّ أنّ الناشرين سيتكلّفون مبالغ باهظة؛ للشروع في ملاحقة كلّ واحد منهم قانونيًا. P.F.

## المدمر

**الاسم** مدمر (من الإنجليزية تدمير أو تخريب).
**الهدف** نشر رسالة سياسية، إظهار القدرات في القرصنة.
**الخطر**



أدخلتم للتوّ عنوان موقع تتردّدون عليه يوميًا، لكن مكان الصفحة الرئيسة العادية، تظهر كلمة واحدة: تقرصنت! هذا مثل على «التدمير»، تقنية تقضي بتعديل تصميم موقع ما. حتّى لو لجأ القراصنة النّشطاء إلى ذلك أحيانًا، إلّا أنّ تلك التقنية يعتمدها القراصنة الذين يريدون إظهار براعتهم. يتركون عادة توقيعًا معروفًا: صورة، اسمًا مستعارًا أو رسالة فيديو. يمرّ بعضهم بصراحة من جانب المجرمين، فيسرقون بيانات حسّاسة أو يدمّرونها. لكن قد يكون المدمّر أيضًا من القبعات الرمادية، فيلفت بذلك انتباه مدير الموقع إلى ضعفه. P.F.

## عندما يتدخّل الهواة...

## مطبق الكراك على ألعاب الفيديو

**الاسم** مطبق كراك على ألعاب الفيديو.
**الهدف** شهرة، إثراء شخصي، سرقة البيانات (بالقرصنة).
**الخطر**





معظم ألعاب الفيديو يحميها رمز يمنع نسخها. لكنّه لا يصمد مطلقًا أمام احتداد مطبّقي الكراك، الذين يوزّعون على الشبكات ملفات كراك تخوّل اللاعبين استعمال نسخ منسوخة عن ألعابهم المفضلة. بعض هؤلاء القراصنة يتصرّفون بتحدٍّ، ويوقعون إنجازاتهم، لكنْ معظمهم قبعات سوداء حقيقيّون: بتركيب اللعبة التي طبق عليها الكراك، ينشّط اللاعب –بتكتم– فيروسًا يخترق حاسوبه. بالإجمال، إنه فيروس حصان طروادة سيسمح للقرصان بالتحكم بآلته. إمّا لسرقة المعلومات التي تحويها، وإما لضمّها إلى بوت نت، شبكة من أجهزة الحاسوب الزومبي التي يستعملها لخدمته! بحسب ناشر مضاد الفيروس AVG، ٩٠٪ من الكراك اخترقها برنامج مؤذٍ. P.F.

### إضاءة

**الخادم**
هو حاسوب (أو مجموعة من أجهزة الحاسوب) «تخدم» غيرها من أجهزة الحاسوب المتّصلة به: يخزّن الصور، ويصنّف الرسائل الإلكترونية في أرشيف، يأوي دورات من الألعاب على الشبكة، وما شابه.

(1) QUI SONT LES PIRATES DU NET?, Science & Vie Junior 303, P 28-37
(2) Philippe Fontaine et Romain Raffegeau

# الحقّ في إزالة بياناتنا عن الانترنت[1]

منذ شهر مايو ٢٠١٤، يحق لكل مواطن أوروبي أن يطلب من جوجل أن تزيل الروابط نحو صفحات الويب المتعلقة به. والمرشحون يتدافعون الآن على هذا الطلب!

بقلم: رومان رافجو[2]

## ١ من سيرغب في ذلك؟

**الجواب:** الجميع، سيكون ذلك ذات يوم. تخيّلوا مثلاً، أن ينشر أحد زملائكم في الصف، صورة لكم على شبكة الانترنت وأنتم في ملابسكم الداخلية، وقد التقطت في غرفة تبديل الملابس في قاعة الرياضة. إنها مزحة سيئة قد تُحل قضيتها وديًا بالطلب إلى ناشرها بإزالتها. للأسف، في حال ما إذا سحب غريبٌ الصورةَ وأعاد نشرها على موقعه، مع تعليق يحمل اسمكم، فستتعقد الأمور. حتى الآن، قضى الحل الوحيد بالطلب إلى مسؤول الموقع بإزالة الصفحة. في حال الرفض، ينبغي الاتصال بـ«اللجنة الوطنية لقضايا الحاسوب والحريات» الفرنسية (Cnil)، المكلفة بحماية البيانات الشخصية على شبكة الانترنت. منذ فترة وجيزة، تم اعتماد مسعى أبسط: تطلبون من جوجل الامتناع عن عرض صفحة تؤذيكم بين النتائج التي تظهر عندما نطبع اسمكم في محرك البحث. في ١٣ مايو ٢٠١٤، أقرت <محكمة العدل التابعة للاتحاد الأوروبي> بأن كل مواطن يملك «الحق في الإزالة» على شبكة الانترنت. وكي يتمكن كل واحد منا من ممارسة هذا الحق، دعت محكمة العدل للاتحاد الأوروبي (CJUE) عمالقة الشبكة العنكبوتية لتبني إجراء بسيط في هذا السياق. نحن مدانون بخصوص هذا القرار إلى مواطن إسباني تقدم بدعوى قضائية في العام ٢٠٠٩ تطلب من جوجل الامتناع عن عرض الصفحات التي تشير إلى قضية دين قديمة متعلقة به. وبعد معركة قضائية طويلة، حكمت محكمة العدل للاتحاد الأوروبي لصالحه خلال تلك السنة. سمحت هذه القضية لكل الأوروبيين بالمطالبة بالأمر نفسه.

AMANDA TODD

<٨ "أبوح لكم بقصتي التي يبدو أنها دون حل". أماندا تود ١٥ عامًا، كانت تعاني التحرش لأن أحد متصفحي الانترنت كان يضع على شبكة الانترنت باستمرار صورة حميمة لها كانت تريد التخلص منها. انتحرت في أكتوبر ٢٠١٢.

JONATHAN HAYWARD/AP/SIPA

### إضاءة

**محكمة العدل التابعة للاتّحاد الأوروبي**

تسهر على تطبيق قانون الاتّحاد. قد يتقدّم أمامها أفراد أو منظّمات بدعاوى في حال اعتبروا أنّ مؤسسة أوروبيّة لم تحترم حقوقهم.

### الحقّ في الإزالة.. ها هو بالأرقام

**١٨٠,٠٠٠**
رابط تقريبًا «أزيل» خلال شهر ونصف الشهر.

**٩١,٠٠٠**
طلب تلقّاه جوجل لمحو ٣٥٠ ألف رابط.

**٪٣٠**
من الطلبات رُفضت. وبالنسبة إلى ١٥٪ من الحالات، يطالب جوجل بمعلومات إضافية.

**٣**
أسابيع، إنّه معدل الوقت لمعالجة كلّ شكوى.

PASCAL QUIDAULT POUR SVJ



## ٢ هل تمحى الآثار الرقميّة كليًا؟

**الجـواب:** إنهـا لا تمحى بالكامـل. إذا أخذنـا المثـال السابـق (الصفحـة التي تظهـر فيهـا الصورة المسروقـة في غرفة تبديـل الملابـس) فقـد «أزالهـا» جوجل بطلب منكـم، لكنها في الواقـع لم تختف مـن الشبكـة. في المقابـل، لم يعـد هناك رابـط بين تلك الصفحـة وبينكم. بعبارة أخرى، عندما يطبع اسمكم على جوجل، لم تعـد الصفحـة تـرد بـين العناويـن المقترحـة. يصبـح عندئذ العثـور عليها صعبًـا للغاية، ولهـذا السبب نعتـبر أنها «أزيلـت». لكن فحواها لا يزال على شبكة الانترنت ويمكن أن يعود للظهور. وهكذا، بما أن الحق في الإزالـة هو قانون أوروبي صـرف، في حال اطلع أحـد على النسخة الأمريكيـة (google.com) أو اليابانيـة (google.co.jp) لمحـرك البحث، يمكنه أن يجد ذلك الرابط في النتائج المرتبطة باسمكـم. من ناحية أخرى، في حال أورد صاحـب الموقـع أسماء أشخاص آخرين علـى الصفحة نفسها، سيَظهـر أمام أي متصفـح انترنت عندما يطبع اسم هؤلاء الأشخاص في محـرك البحـث، الرابط نحـو الصورة المزعجة في النتائج. تقضي الطريقـة الوحيـدة لإزالـة الصـورة عن الشبكـة كليًـا، بالعثور علـى المسؤول عن الموقـع الذي وضعهـا علـى الانترنت، ثم نطلب منه سحبها. في حال لم يُنفِّذ ذلك، بعـد شهريـن، يمكـن لمتصفـح الانترنت اللجـوء إلى «اللجنـة الوطنيـة لقضايـا الحاسـوب والحريـات» التـي ستساعده على الحصول على حقوقه.

> هنا في لوكسمبورغ، مقر محكمة العدل للاتحاد الأوروبي التي اعترفت بـ«حق الإزالة» لكل المواطنين الأوروبيين. تحمل اللوحة اسم المؤسسة القديم «محكمة العدل للجماعات الأوروبية» الذي أزيل رسميًا أيضًا منذ ٢٠٠٩!

EMILE POL/SIPA/EC



## ٣ أيمكننا أن نخفي ما نريده؟

**الجواب:** كلّا. أولاً، لا يمكن أن نطلب إزالة روابط لا تتعلق بنا. يطلب جوجل إثبات الهوية. ثم، ينبغي أن نبرر سبب طلب سحب الصفحة. بحسب محكمة العدل التابعة للاتحاد الأوروبي، ينبغي أن يكون فحواه "غير مناسب، ذو صلة بالموضوع أو لا، أو مفرط". إنها شروط بالأحرى غير واضحة، ويترك البتّ فيها للشركات التي تسيّر محركات البحث. وهكذا يتلقى جوجل الشكوى، ويعالجها، ويطالب عند الاقتضاء بمعلومات إضافية ويقرر إن كان الطلب شرعيًا أم لا! وأحيانًا، يكون الحكم الصادر قابلاً للمناقشة.

مثال ذلك: لنأخذ ذلك اللص الذي تم توقيفه في سن الثامنة عشر، وبعد عشر سنوات من قضاء عقوبته طالب جوجل بالامتناع عن عرض الرابط نحو موقع يُذَكِّر بالوقائع عندما نطبع اسمه. اعتبر جوجل طلبه محقًّا في بداية الأمر: سدد الرجل دينه للمجتمع، وهذا الرابط على الانترنت يُصعّب إعادة إدماجه بعد السجن. لكن بعد التحقيق، اكتشف فريق جوجل أن الرجل أعاد الكرّة وارتكب جريمة مشابهة قبل أقل من سنة. فقرّر جوجل رفض طلبه، واعتبره مخادعًا. تكون القاعدة واضحة أكثر عندما يأتي الطلب من شخصية عامة: سياسي، ممثل، بطل رياضي... بالعودة إلى «الحق في الاستعلام»، اعتبر جوجل أنه ليس هناك ما يبرر إزالة صفحة في حال كان فحواها لا يعتبر إهانة أو افتراءً.

حتى لو أراد ذلك، لن يتمكن البرازيلي فيليبي ميلو من «محو» تلك الصورة عن الانترنت. وضع نفسه في وضع ساخر، أمام الناس، خلال مباراة لكرة القدم: إن سخر منه الناس، فهو من جلب ذلك لنفسه!

OSMAN ORSAL / REUTERS ; PHOTOMONTAGE SVJ

PASCAL QUIDAULT POUR SVJ

## ٤ هل جوجل هو الموقع الوحيد المعني؟




**الجواب:** كلّا. ينبغي أن تمتثل كل محركات البحث لقرار محكمة العدل التابعة للاتحاد الأوروبي: بينغ Bing، ياهو Yahoo، داكداكغو DuckDuckGo... لكن، في فرنسا، يعتبر جوجل الأكثر استعمالاً من قبل متصفحي الانترنت. لهذا السبب تتجه كل الأنظار نحوه. وهكذا كان أول من ردّ بإطلاق استمارته بالـ«حق في الإزالة» يوم ٣٠ مايو ٢٠١٤. منذ ذلك الوقت، نشر بينغ استمارة من النوع نفسه على شبكة الانترنت في ١٧ يوليو ٢٠١٤. وأكد ياهو أنه يُعِدُّ استمارته، لكن حتى الساعة التي نكتب فيها هذه الفقرة، لم يصدر بعدُ أي شيء رسمي. لذلك، لئلا تبقى الصفحة التي تزعجكم مرتبطة باسمكم، يقضي الحل الوحيد بملء طلب لكل محركات بحث.




## ٥ أيمكننا أن نتحدث عن رقابة على شبكة الانترنت؟

**الجواب:** ستكون في ذلك مغالاة. والأصح هو القول بأن قرار محكمة العدل التابعة للاتحاد الأوروبي يتسبب في مشاكل، خاصة للصحافيين. >المنظمة غير الحكومية> «مراسلون من دون حدود»، التي تناضل لحرية الإعلام، تشرح هذا الوضع: "من الآن وصاعدًا، كل فرد، حتى لو كان موضوع اقتباس صحافي شرعي وقانوني، له الحق في طلب ظهور المعلومات التي تناسبه فحسب". مثلاً، قبل صدور استمارة «الحق في الإزالة» لـ جوجل، اختفى مقال على شبكة الانترنت نشرته صحيفة بريطانية في العام ٢٠٠٢ من محرك البحث. كان المقال يكشف أن محاميًا يسعى إلى مقعد في نقابة المحامين البريطانيين المسماة (Law Society)، وكان متورطًا في قضية احتيال. وهذا بطبيعة الحال كفيل بالقضاء على فرصه في الحصول على المنصب المنشود.

تلك الصفحة، التي «محاها» محرك البحث أولاً، عاد وضعها مجددًا إلى صفحاته أخيرًا بعد شكاوى الصحيفة. لكننا نتوقع مستقبلا تزايدا كبيرا في عدد الحالات من هذا القبيل. وستجد مواقع الإعلام صعوبة في الدفاع عن نفسها... خاصة وأنها لم تستعلم قط عن سبب سحب رابط نحو موقعها: يبلغها جوجل بالأمر قبل إزالة الرابط مباشرة، لكنه لا يعطي هوية مقدم الطلب ولا دافعه. من المتوقع أن تتقدم الأمور في الأشهر القادمة. ولذا فإن مجموعة الـ (G29) –وهي الهيئة التي تجمع اللجان الوطنية لقضايا الحاسوب والحريات التابعة لكل بلد من الاتحاد الأوروبي– طلبت من الخبراء الميدانيين توضيح طريقة لتطبيق «الحق في الإزالة» من دون أن يتعارض مع «الحق في الاستعلام». كما أن جوجل شكَّل هو الآخر لجنة يتوقع أن تقدم تقريرًا حول هذا الموضوع. في انتظار ذلك، يستحسن أن نتجنب الاضطرار إلى محو بياناتنا، وأن ننتبه لما نعرضه على شبكة الانترنت.

نشكر إدوارد جيفري Edouard Geffray، الأمين العام للجنة الوطنية لقضايا الحاسوب والحريات (Cnil).

### إضاءة

**الافتراء**
هو تأكيد كاذب قيل عن شخص بقصد الإساءة إلى شرفه وتلطيخ سمعته.

**المنظمة غير الحكومية NGO**
تعمل في ميادين مختلفة، مثل: مكافحة الفقر، أو أعمال إنسانية في حالات الطوارئ، أو الدفاع عن حقوق الإنسان.

### للاستزادة

لمعرفة المزيد عن الحقّ بالنسيان، وعن حقوقكم على شبكة الانترنت عامّة، اطّلعوا على موقع اللجنة الوطنية لقضايا الحاسوب والحرّيات «Cnil»: www.jeunes.cnil.fr
الرابط المباشر على svjlesite.fr

(1) LE DROIT DE S'EFFACER D'INTERNET, Science & Vie Junior 301, P 20-23
(2) Romain Raffegeau

# يمضي حياة مغامرة لصالح جوجل[1]

منذ العام ٢٠٠٧، يصوّر عملاق الشبكة العنكبوتية طرقات المدن لنتمكن من زيارتها افتراضيًا. بدأ الآن مشروع تصوير الصحراء، واستعان لهذا الغرض بمصوّر مذهل.

بقلم: جيروم بلانشار[2]

### عين الشركة

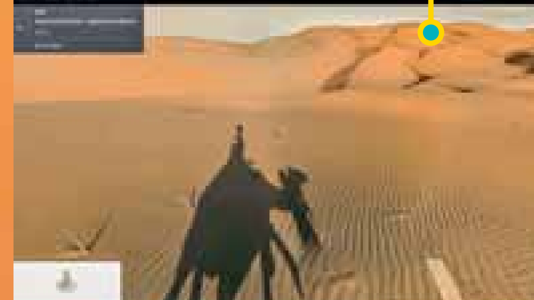
آلة التصوير العملاقة تلك هي في الحقيقة نسخة مصغـرة تستعملهـا عمومًـا شركة جوجـل. فهي تُثَبَّـت في الواقع على سطح السيـارات التي تجول في شوارع المـدن عبر العالم لالتقـاط نسخ رقمية عنهـا. تلتقط الآلة تلقائيًا صـورًا من ٣٦٠ درجة، يحددهـا كلها جهاز التموضع الشامل GPS. لكن بالنسبـة إلى الأماكن التي يتعـذر على السيارات دخولهـا، مثل الأزقـة أو داخـل المتاحف، صممت جوجل «مركبة جوجل» تلك، ويبلغ ارتفاعها مترًا. صُممـت في الأساس ليتم نقلها داخل حقيبة ظهر خاصة بالمشاة.

### ما هذا الجنون؟

أطلق علـى هذا الجمل اسم «رافيـا» وهو الحيوان الأول الـذي يتنقل حاملًا على سنامـه آلة تصوير جوجـل. بحسـب الشركـة، تساهـم وسيلـة النقل التقليديّـة هـذه بـ«تقليـص اضطرابـات وسـط حسّاس أصلًا». لكن تعدُّ صحيفة فوربس الأمريكيّة أنّها عمليّة تسويق صرفة، فهناك رجل سبق وتنقّل حاملًا كاميرا جوجل لالتقاط صور في المنطقة.

### واحة افتراضية

بـعـد الحـاجـز المـرجـاني العظيم، الإيفرست والغراند كانيـون، يمكنكم مـن الآن وصـاعـدًا «زيـارة» قسم من الصحـراء الذي يبلغ طوله ١٠٠ كلم، على بعـد ١٥٠ كلم من مدينة أبوظبي (الإمارات العربية المتحدة)، حول واحة ليـوا السياحية للغاية. في بعض الصـور، يـتـراءى لنا حتى خيال رافيا.



**٢٣° ٠٨° شمال**
**٥٣° ٤٦° شرق**

إنّها إحداثيات واحة ليوا الجغرافية. يكفي إدخالها في جوجل إيرث لتجدوا نفسكم في الصحراء!

GOOGLE MAPS

(1) IL ROULE SA BOSSE POUR GOOGLE, Science & Vie Junior 303, P 65
(2) Jérôme Blanchart



# إلى أين سيصل التصغير؟[١]

**إن كانت أجهزة الحاسوب اليوم قويّة كثيرًا؛ فهذا لأنّها تحتوي عددًا أكبر من مكونات إلكترونيّة صغيرة جدّا. فهل يمكن أن نتخطّاها؟**

بقلم: فابريس نيكو[٢]

جهاز حاسوبكم مذهل... أجل! حتى لو كنتم تعتبرون أنه هَرِم، أو أنه حاسوبكم العجوز هو جوهرة! تذكروا أن معالِجه الدقيق، وهي الرقاقة التي تشكل دماغه، تجمع على مساحة ظفر مئات الملايين من أجهزة الترانزيستور! وليس هذا فحسب: تَعدُ الأجيال الأخيرة من الرقاقات بدمج ١,٥ مليار منها! إلى أي مدى سنواصل بهذه الوتيرة؟ ربما ليس إلى مدى بعيد: بحسب اختصاصيي الإلكترونيات، شارفت مضاعفة الترانزيستور المعجزة على نهايتها. لكن لا تجزعوا، فسنرى أن أبواب مستقبل حواسيبنا لم تُسد بعد. هناك فعلاً إعداد لثورات جديدة...

حتى الآن، بدا أنّ زيادة أداء آلاتنا يضمنها «قانون مور».

بحسب، غوردون مور Gordon Moore، أحد مؤسسي شركة إنتل Intel (التي سوّقت المعالجات الدقيقة الأولى في العام ١٩٧١)، يتضاعف عدد الترانزيستور الموضوع على رقاقة كلّ سنتين، وتأكد هذا القانون نسبيًّا منذ بداية السبعينيّات حتى يومنا هذا، بحيث انتقلنا من ٢٣٠٠ ترانزيستور على رقاقة إلى أكثر من مليار. بالتأكيد، كان لا بدّ من تصغير المكوّنات إلى أن وصلت أحجامها إلى صغر يثير الذهول كليًّا. تصوّروا أنّ الباحثين توصّلوا الآن إلى صنع مكوّنات من ١٥ نانومترًا (١٥ جزءًا من المليون من المليمتر) هذا يعادل حوالى ١٥٠ ذرّة مصطفة وراء بعضها بعضًا. أجل، نرفع الكلفة مع الذرّات! وهذا له –بالتأكيد– تأثير في عمل الدارات الإلكترونيّة. لنفهم ما يحصل عندما نصل

**١٥٠ ذرّة: حجم قناة ترانزيستور**

**إضاءة**

يقيس **الجهد الكهربائي** فرق الحالة الكهربائيّة بين نقطتي دائرة. كلّما كانت مرتفعة، ارتفعت شدة التيار أيضًا.



إلى مقاييس من هذا النوع، علينا أن نتعرّف على هذا الترانزيستور المشهور. في الواقع، يمثّل باختصار دور قاطع تيّار يمكن أن نشغّله عن بعد. يتألّف من مرسل، يدعى «منبع» ومن جامع، يدعى «مصبّ»، والاثنان تفصل بينهما قناة تتحكّم بها بوّابة (راجع المربع صفحة ٢٥).

لإطلاق مرور التيّار بين المرسل والجامع، يكفي أن نحدث <جهدًا كهربائيًا< قويًّا على البوّابة، كما لو كان طرفاها قطبي بطاريّة، وهذا يتوافق -نوعًا ما- مع التحكّم بفتح البوابة وتمرير الإلكترونات، لكن حالما تتوقّف تغذيتها، طق! تقفل البوابة ويتوقّف التيار. أجل بالفعل! هذا ما يفعله الترانزيستور (يزيد أيضًا من <شدة< التيار، لكنّها مسألة مختلفة). ←

**٢٣٠٠**
**ترانزيستور على معالج دقيق في العام ١٩٧١**
**١,٥ مليار**
**اليوم!**

**إضاءة**
تقابل **الشدة** كميّة التيّار وسرعته (أي تدفق الإلكترونات) في نقطة من دائرة كهربائيّة.

PHOTOS SHUTTERSTOCK

← نظـرًا للصـور المذهلـة في ألعـاب الفيديـو، يصعـب علينـا أن نصـدق أن قاطعًـا بسيطًـا هـو السبـب. لكـن، هذا ليـس مفاجئًا. تفهـم أجهـزة الحاسوب لغـة واحـدة فحسب، وهـي لغـة بسيطة للغاية لأنهـا تتألف من رقمين: ٠ و ١. كل «الأدبيات» الحاسوبيـة تُكتب بتلك اللغة، والقاطع هـو بالضبط الترقيـم المزدوج، وعليـه يقتصر علـى متسلسـلات مؤلفة مـن ٠ و ١. إلا أن القاطـع هـو بطبيعـة الحالـة آلة تكتب الأصفار (قاطع مُطفأ) و١ (قاطـع شغـال). وللتوصـل إلى مآثر أجهـزة الحاسوب الحاليـة، ينبغي جمع رزمـة كبيـرة مـن القواطع والعمـل على تواصلهـا بـين بعضهـا البعـض. هذا هو دور تلـك الرقاقـات التـي تحمـل مليـار ترانزيستور.

## إلكترونات تلعب النطّة

عندمـا يقلّـص المهندسـون حجـم الترانزيستور يلاحظـون ظواهر غريبة. تحدث تلك الظواهر -مثلًا- على مستوى البوّابة. شهدنا ذلك، عندما يكون الجهد الممارس علـى البوّابة ضعيفًـا للغاية، لا يمرّ أيّ تيّـار بين المنبع والمصب؛ هذا لأنّ قناة الترانزيستـور تشكّل -مبدئيًا- هوّة تعجـز الإلكترونات عن عبورهـا، إلّا أنّها تعبرهـا أكثر فأكثـر. حتّـى عندما يكون القاطع مطفـأ؛ أي مـن دون جهد على نقطتـي تماسّ البوّابـة! ويعـود السبـب إلى أنّ القنـاة تضيـق أكـثـر فأكـثـر. بين ١٥ و٢٠ نانومـتـرًا بالنسبـة إلى النماذج الأخـيـرة. بالتأكيـد، ١٥ نانومـتـرًا، أي ١٥٠ ذرّة، هـي هوّة كبـيـرة للإلكترونات، وهـي جسيمات صغيرة للغاية إلى حدّ أنّه يستحيـل قياسها! كيف تعـبـر الهوّة إذن؟ في الواقـع -علـى هـذا المقياس الحالي- تتقدّم قوانين الفيزياء الكميّة، التي تدير العـالـم الصغـيـر غـيـر المحـدود، علـى قوانين الفيزيـاء الكلاسيكيـة. مع نتائج مثـيـرة للذهـول. مـن ثـمّ، ففـي العـالـم الكمّيّ، لا تُعدّ جُسيمة مثل الإلكترون كتلة صغـيـرة فقط، بـل أيضًا «موجـة احتمال وجود». غريـب! هذا مخيـف عندما يرد بهـذا الشكل، لكـن في العـالـم يحدث كلّ شيء كما لـو كان الإلكـترون يستطيع أن يذيـب نفسه في غيمـة، ويستطيع أن يعيد تنظيم نفسه في كتلة في أيّ مكان من تلك الغيمة. حسنًا؟ لنعـد إلى الترانزيستور. إن كانـت القنـاة طويلـة فـإنّ غيمـة الإلكـترون الواقعـة بجانب المنبـع تعجز عـن الوصـول إلى المصـبّ، لكـن إن كانـت القنـاة ضيّقة

< مصنع للبطاقات الإلكترونيّة ساجام في فوجير. في هذا المجال، يحبّذ استعمال المجهر للتحقّق من أنّ كل العناصر على البطاقة متصلة بشكل صحيح.

JEAN-CLAUDE MOSCHETTI/REA

<V نجد مليارات من الترانزيستور المصغرة على المعالج الدقيق إلى اليمين. بينما على الإصبع، ترانزيستور «من الحجم الكبير» مع قوائمه الثلاث (منبع-بوابة-مصب).

TONY CRADDOCK/SPL/COSMOS

ADRIEN NUNEZ/SHUTTERSTOCK

## الترانزيستور، قاطع مصغر

يقتصر الترانزيستور على منطقتين مشبعتين بالإلكترونات «الحرة» (ليست مرتبطة بالذرات)، المنبع والمصب، تفصل بينهما منطقة تفتقر إلى الإلكترونات الحرة، القناة، التي تعلوها بوابة. يمنع نقص الإلكترونات في القناة التيار من المرور بين المنبع والمصب. في الواقع، يمثل تيار كهربائي مثل سلسلة طويلة من الإلكترونات التي تسير وراء بعضها الآخر، حيث يصطدم كل إلكترون بالجار الذي يسير أمامه. يقابل انتشار التيار انتشار هذا الاحتكاك. لكن في حال حصلت فجوة في السلسلة، تتوقف الحركة: لا يمر التيار. والآن، إن مارسنا جهدًا كهربائيًا إيجابيًا على البوابة، فهذا سيجذب في القناة الإلكترونات القليلة الحرة (من شحنة سلبية) المتوافرة في المنطقة بين المنبع والمصب. حتى لو لم تكن كثيرة، فهي تكفي لتسد الفجوة في السلسلة. وهوب! يستطيع التيار عند ذلك أن يمر بين المنبع والمصب. بالطبع، ينقطع حالما تتوقف ممارسة ذلك الجهد على البوابة لأن الإلكترونات الحرة تعود وتتوزع في القناة.




للغاية، فمن الممكن أن يمتد قسم من الغيمة إلى ما وراء البوابة، على مستوى المصب. وهوب! يعود الإلكترون ويشكل نفسه على الصفة الأخرى تلك. سيولد ذلك ما نسميه بتيارات تسربات، مزعجة نوعًا ما لأنّها تزعج الإشارة التي ينقلها الترانزيستور. أجل، إن كان الصفر (لا تيار) ليس صفرًا حقيقيًا، فإن القاطع لا يعود موثوقًا به!

## الأسلاك الكهربائية تقاوم

ها هو المكبح الأول للتصغير. يعدّ الباحثون أنّه من الصعب للغاية النزول أقل من ٧ نانومتر بالنسبة إلى القناة، أي نصف ما نقوم به اليوم. من بعد هذا الحجم، تصبح تيارات التسرّب كبيرة جدًّا. من ناحية أخرى، يصبح من الصعب أيضًا ابتكار «أسلاك كهربائيّة» دقيقة بما يكفي لتأمين التغذية؛ لأنّه عندما نصغّر حجم الترانزيستور يصغر كلّ ما يحيط به.

بالتأكيد، لا يمكنكم أن تتركوا أسلاك التغذية الكهربائيّة نفسها، وإلّا سيشبه ذلك وصل خرطوم ريّ بخط أنابيب! إلّا أنّ لتصغير التغذية الكهربائيّة حدودها أيضًا. تدركون أنّه على رقاقة تحوي مليار ترانزيستور لا يجري التّيار داخل أسلاك نحاسيّة قديمة، لكن على شرائط معدنيّة دقيقة جدًّا. هذا يغيّر كلّ شيء: داخل السّلك، تكون الإلكترونات مثل مراكب شراعيّة في المحيط، تبحر في مساحة لا متناهية تقريبا. داخل الشّريط المعدنيّ، تكون في نهر ضيق، تحتكّ ببعضها بعضًا أو تصطدم بالجوانب؛ ما يرفع، بسُرعَة، درجة مقاومة الشّريط المعدنيّ. إلّا أنّ المقاومة المتزايدة تعني انخفاض الشدة الكهربائية: هذا طبيعيّ، يصعب على الإلكترونات أن تتنقل أكثر فأكثر. لم تَعُدْ تغذية الترانزيستور مثاليّة. فتتوقف الآلة. هذا حد ثان من حدود التّصغير.

**كلما كان أصغر ارتفع ثمنه**

وفي النّهاية، المكبح الأخير وليس الأقل أهمّيّة: المال! لنفهم ذلك، لا شيء يضاهي قاعدة قديمة جيّدة، من نوع قانون مور. باستثناء أنّه تلك المرّة، نتناول قانون روك، الذي سُمّي كذلك؛ تيمّنًا برجل الأعمال أرتور روك Arthur Rock. تقول القاعدة إجمالًا إنّ سعر تصنيع رقاقة إلكترونية يتضاعف كلّ أربع سنوات. أجل، نحتاج إلى مئات المراحل؛ لإنتاج تلك الدّوائر الجديدة لأجهزة الترانزيستور المنمنمة. من دون أن ندخل في تفصيل التصنيع، يمكن أن نلاحظ أن الدوائر المندمجة منقوشة على دعائم من السيلكون أو <الأشابة>، نسميها «ركيزة». لا يستعمل التقنيون مطرقة ومنقاشًا، لكنهم يستعملون مصدر طاقة مضيء وقوي يبخر أجزاء معينة من الركيزة. إلا إن سعر كل مصدر من تلك المصادر الضوئية الفائقة ←

**إضاءة**

**الأشابة**
هي خليط من معادن مختلفة، أو معدن مع مركبات كيميائيّة (سيليسيوم، كربون).

## المسبار النّوويّ، أداة فائقة الدّقّة

غرض موضوع دراسة شذب ليصبح مستدق الرأس للغاية

أيون مسرع بواسطة حقل كهربائي

١

٢

ليزر

حقل كهربائي

يضطر المهندسون لصناعة أجهزة الترانزيستور فائقة الصغر إلى التحكم في تركيب الأشابة التي يضبطونها، بدقة تصل أحيانا لذرة واحدة. كما يحتاجون أيضًا إلى التحقق من الاتصال الجيد بين الترانزيستور والشرائط المعدنية التي تزوّده بالكهرباء... هذا العمل البالغ الدقة متاح بفضل أداة غريبة نجدها خاصة في مبنى معهد «مواد، إلكترونيك مجهري، علوم نانوية» في بروفانس Provence (مرسيليا، فرنسا): هذه الأداة هي المسبار الذري الطبقي. وهي آلة قادرة على إعادة تشكيل كائن بالأبعاد الثلاثة، ذرةً ذرةً. ويسمح ذلك بالتأكد مثلًا، من أن طريقة صنع الأشابة جيدة. تكمن المشكلة الوحيدة في التكلفة الباهظة لهذا الأداء. فسعر الآلة بحد ذاتها يفوق ٣ ملايين يورو!

### كيف تعمل؟

قبل أن يتم تحليل الكائن موضوع الدراسة، ينبغي أن يُشذَب على شكل الرأس دقيق مستدق أبعاده بضعة نانومترات.

تضرب نبضات <ليزر> سريعة طرف العينة (١). قوة الرمي كانت كبيرة بما يكفي لاستثارة الذرات وتحويلها إلى إيونات (٢). بخلاف الذرة، ينطوي الإيون على شحنة كهربائية، مما يجعله حساسًا لحقل كهربائي. بما أن تلك العينة موضوعة في حقل كهربائي قوي للغاية، تدفع الإيونات إلى مكشاف يسجل مسارها وسرعتها (٣).

تُنقل تلك المعلومات لاحقًا إلى حاسوب يستنتج طبيعة الايونات انطلاقًا من سرعتها (التي تعتمد على كتلتها). أما مسارها فيكشف بدوره المكان الذي اتجهت إليه. وهكذا يمكّننا استثارة الذرات طبقة بطبقة (٤)، نحدد الترابط الدقيق للعناصر التي تؤلف العينة (الصورة إلى اليسار).

SANDRINE FELLAY POUR SVJ

← الإتقان يتراوح بين ٥٠ و١٠٠ مليون يورو! يمكنكم من خلال هذه المعطيات تصوّر كمية مليارات اليوروات اللازمة لإنشاء مصنع تصنيع متقن، ليس من المؤكد أنه سيدرّ أرباحا تجارية. يقدر الخبراء أن التصغير سيتوقف بعد عشر سنوات تقريبًا حين يبلغ تطوير الأجيال الأخيرة من الترانزيستور مجالات تصغير في القنوات تتراوح بين ٧ و١٠ نانومترات. وبعد ذلك؟ هل ستصل حواسيبنا إلى حدودها القصوى؟ سيكون ذلك مؤسفًا، وليس فقط لألعاب الفيديو. تعتمد الأبحاث العلمية من الآن وصاعدًا على التطورات التي يسجلها علم الحاسوب: فعلى سبيل المثال، من دون الآلات الحسابية الخارقة القوة ما كنا اكتشفنا قط بوزون هيغز ولَمّا توقعنا تأثيرات الاحتباس الحراري على

**إضاءة**

**الليزر**
هو شعاع من طبيعة الضّوء نفسها، لكنّه يضخّم بطريقة يصبح فيها أكثر طاقة.

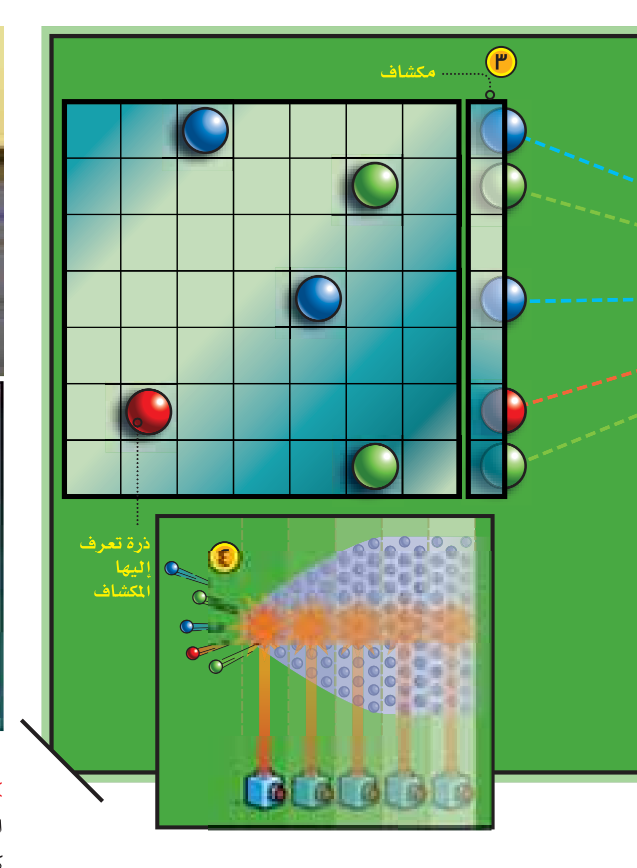


GERHARD MAIER



RON CHAPPLE/CORBIS

<8 إن مفاتيح التلامس الكهربائية التي تربط طبقات الترانزيستور هي مستقبل التصغير. إنها تذكر بالطرقات السريعة الأمريكية باستثناء أنها لا تقل سيارات بل إلكترونات.




المدى الطويل.

## جسور أدقّ من شعرة

لحسن الحظ أنّ المهندسين لديهم خطّة لحل تلك المشكلة. ومن الأعلى، ينطبق هذا القول هنا. في الواقع، لوضع عدد متزايد من الترانزيستور على سطح واحد، من دون تقليص حجمها، يكفي أن نضع بعضها فوق بعضها الآخر! ستشبه الأجيال الجديدة من الرّقاقات الإلكترونيّة مبانيَ مصغّرة، مع طوابق عدّة من التّرانزيستور المكدّسة. حسنًا، وسيشغل هذا كلّه أجهزة حاسوبكم بسرعة كبرى؟ أجل؛ لأنّكم تضعون في طابق ما المعالجَ المصغّر، وفي الطّابق الآخر، تضعون الذّاكرة، مثلًا (اثنان تكوّنهما في الأساس أجهزة التّرانزيستور). إلّا أنّه في السّابق، كانت الذّاكرة مخزّنة في مكان آخر من >اللّوحة الأمّ< في الحاسوب، أصبحت الآن داخل الرّقاقة مع المعالج الدّقيق، كما لو أصبحت الجارة في الطّابق العلويّ. نُفيد بالتّأكيد من السّرعة في المبادلات بينهما!

**إضاءة**

**اللّوحة الأمّ**
هي الصّفيحة التي تجتمع عليها عناصر الحاسوب الأساسيّة (معالج، قرص صلب،...) ووصلات التّوابع الخارجيّة (لوحة مفاتيح، فأرة، شاشة،...).

ثمة صعوبة تتمثل في كون شطيرة الترانزيستور لا تُحضَّر مثل الشطيرة الباريسية. ينبغي بوجه خاص تزويد كل تلك الترانزيستورات بالكهرباء وتوصيلها فيما بينها. لهذا الغرض، صنع المهندسون قواطع تماس كهربائية تخوّل ربط الترانزيستور على مستويات عديدة. عند مشاهدة ذلك التشابك من «الجسور» المعدنية على المجهر الإلكتروني (راجع الصورة أعلاه حول مفاتيح التلامس الكهربائية)، نتخيّل أننا نشاهد طبقات من الطرق السريعة الأمريكية المتراكبة. إلا أن الطرق هنا لا تتعدى قياسها أحيانًا عشرة ميكرون، أي أرق بقليل من الشعرة...

للتوصل إلى تلك المباني الحساسة، من الضروري أن نتمكن من رؤيتها عن كثب. هذا ما دفع الباحثين إلى صنع أدوات مذهلة، مثل المسبار الذري. تقضي مهمته بالتأكد من الترابط الجيّد بين الترانزيستور وأجهزة قاطع التماس، وكذا القيام بتحليل معدن أو أشابة ذرةً ذرةً!

لقد بدأ عمالقة القطاع («آي بي أم» IBM، و«س.ت.م.» للإلكترونيات المصغرة» STMicroelectronics، و«إنتل» Intel) العمل على صناعة نماذج ناجحة من ترانزيستورات المتراكمة. نحن نتوقع بعد عشر سنوات، كحد أقصى، أن تنتشر تلك الرقاقات ثلاثية الأبعاد في أجهزة حواسيبنا. ومن ثمّ ستزداد سرعتها أكثر فأكثر... ■

نشكر جان لوك أوتران، دومينيك ماجلينك وأوليفييه طوماس من معهد المواد، الإلكترونيك المصغرة، العلوم النانونيّة في بروفانس، المركز الوطني للبحوث العلميّة وجامعة إكس- مرسيليا.

## تكديس التّرانزيستور كما تُكدّس مكوّنات الشطيرة (السّندويش)

PHOTOS DOMINIQUE MANGELINCK

>^ المسبار الذري الطبقي المزود بأشعة ليزر يُظهر صورة مادة ما ذرة ذرة. هنا، بوابة ترانزيستور من جيل ٢٨ نانومتر: كل نقطة تمثل ذرة من النيكل، السيليسيوم أو الأكسجين.

(1) JUSQU'OÙ IRA LA MINIATURISATION?, Science & Vie Junior 303, P 46-51
(2) Fabrice Nicot

# خطرت لي فكرة لتطبيق خاص بالهاتف الذكي، هل يمكنني تجسيدها؟[1]

بقلم: فيليب فونتان[2]

بطبيعة الحال، هـذا ممكن... غير أن الطريقة مليئـة بالعوائق. هذا لا يهم؟ هـل أنتم متأكدون من أن فكرتكم عبقرية؟ فليكن! مع ذلك، اعلموا أنه من المحتمل أن تكـون الفكرة نفسها قد خطرت لأحدهم قبلكـم... لا تنسـوا أن «التطبيـق سـتـور» (App Store) و«جوجـل بـلاي سـتـور» (Google Play Store)، يجمـع كل واحـد منهمـا تطبيقات مختلفة تفـوق المليـون تطبيق: ألعـاب، إرشـادات، مجلات، خدمـات متنوعة... إن بحثتم قليلاً، فمن الأرجح أن تجدوا تطبيقًا مشابهًا للتطبيق الذي تحلمون به. هل خاب ظنكم؟! انتظروا قليلاً قبل أن تستسلموا. حللوا بالأحرى منافسكم، دوِّنوا ميزاته، وعيوبه وتساءلوا: أَمِن الممكن أن تصمموا تطبيقًا أفضل، أكثر أصالةً، وأكثر متعةً؟ نعم؟ إذن، يستحق الأمر المثابرة.

نصيحـة أخـيرة قبـل أن تشرعـوا في التطبيق: تأكـدوا من شهرة ذلـك التطبيق المنافـس. هل هي ضعيفـة أو باطلـة؟ أتتصـورون أن تطبيقكم سيكون أكـثر شعبيـة؟ لا تنسـوا أن نحو ٨٠٪ مـن المنتجات المعروضـة في «التطبيـق سـتـور» لا تُحَمَّـل أبـدًا! ما أنتـم قـد بُلِّغتم. وفي حـال حدثت معجـزة، ولم يكن هناك مـن سبقكم إلى هذا التطبيـق، عندئذ فأنتم تمتلكـون فعلا فكرة مبتكرة. ومـع ذلك، لا تتحمسوا كثـيراً. اعرضوها على أصدقائكـم، وعلى أشخاص لا تعرفونهـم، مثـلاً في منتديـات مبرمجـين. لا تتدخلوا كثيراً في التفاصيل إن كنتم تخشون السرقة الفكرية، لكن صفوا المفهوم بطريقة تجمعون فيها ما يكفي مـن الآراء عن مشروعكم. هـل أثارت الفكرة الإعجـاب؟ في هذه الحال فهي تستحق التنفيذ. لكن انتبهـوا، فإن تطوير تطبيق يكلّف على الأقل بين ألف و٥ آلاف يـورو (مـا يعـادل أربعـة آلاف إلى عشرين ألف ريال سعـودي). وإذا كان التطبيق لعبة تتضمن رسومات بالأبعاد الثلاثة، فميزانيته ترتفع بسرعة.

لا شـك، أنكـم ستوفرون مبالغ طائلـة من المال إن كنتـم تعرفـون البرمجـة. وإلا، أمامكـم ثلاثـة حلـول. الحـل الأول، الاستعانة بصديـق على اطلاع بالموضـوع، ويقبل مساعدتكـم. والحل الثاني: الدفع للاستعانـة بخدمـات مبرمـج محترف. لكـن هؤلاء المبرمجـين يكلفـون ما يعـادل ٤٠٠ يـورو كمعدل في اليـوم (ما يعـادل ١٦٠٠ ريـال سعـودي في اليوم)، وثمـة احتمـال كبير بـأن ينفـد منكم المـال! والحل الأخـير: تعلّموا البرمجـة بلغتـيّ «أوبجيكتيف–سي» Objective-C وجافـا Java، لغتا تطوير التطبيقات «آي أو أسـ» iOS و«أندرويـد» Android. تعلّمهـا صعـب لكنـه ممكـن: يتطلـب ذلـك وقتًا ودقـة. لا تـترددوا في الاطلاع علـى موقع «أوبـن كلاسرومز» OpenClassrooms («موقـع الصفـر» Site du Zéro سابقـا)، الذي يقترح دروسًـا مجانية لتعليم اللغتين هاتين، إلى جانب كتب موجهة لمبتدئين كبار.

الخلاصـة: إن خطـرت لكـم فكرة جيـدة، فلا تـترددوا، جازفوا بها. وقولـوا إن لم تأت تلك الفكرة بنتيجة في نهاية المطاف سيفيدكم دائمًا ما تعلمتموه في معالجة المعلومات. حظًا سعيدًا!. ■

## قد تدرّ أرباحًا طائلة

في حال أحرز تطبيقكم نجاحًا مذهلًا، ضمنتم الربح الطائل المؤكّد. أنغري بيردز Angry Birds مثلًا، درّت على مخترعيها أكثر من ٥٠ مليون يورو (ما يعادل ٢٠٠ مليون ريال سعودي)! حسنًا، لا تحلموا كثيرًا: هذه الحالة استثنائيّة. لكن من الصحيح أنّ تلك الألعاب تؤمّن ربحًا كثيرًا. بحسب دراسة حديثة، التطبيقات الخمسين المجانيّة الأكثر شيوعًا على «التطبيق ستور» الأمريكي في العام ٢٠١٣، تم تحميلها بمعدّل ٢٣ ألف مرّة في اليوم، وكان كلّ تطبيق منها يدرّ ٩٤٠٠ يورو في اليوم (ما يعادل ٤٠ ألف ريال سعودي في اليوم)! للأسف، سيصبح من الصعب أكثر فأكثر التوصّل إلى مبالغ هائلة كهذه. بحسب غارتنر، الاختصاصي بالتقنيات الجديدة، ٠,٠١٪ فحسب من التطبيقات المخترعة في العام ٢٠١٨ ستشهد نجاحًا ماليًا حقيقيًا.

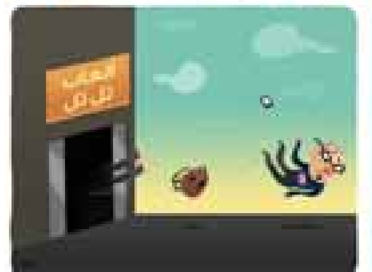
بقلم أ.ك.

مرحى
طورت تطبيق لعبة لمكافحة الإدمان على السيجارة.









---

(1) J'AI UNE IDÉE D'APPLI POUR SMARTPHONE, PUIS-JE LA CONCRÉTISER?, Science & Vie Junior 303, P 90
(2) Philippe Fontaine

# سُرق مني هاتفي النقّال، ماذا أفعل؟(١)

بقلم: فيليب فونتان (٢)

تُجمِّد وحدة التعريف المشترك SIM، وبسرعة! للقيام بذلك، اتصل بعاملك البائع من أي هاتف كان، أو ادخل إلى حسابك على الانترنت لتوقيف الاشتراك. وهكذا تمنع القيام باتصالات، وإرسال الرسائل القصيرة، ودخول الشبكة العنكبوتية. قمت بذلك؟ يبقى عليك أن تقوم بمهمة أخرى: جمّد هاتفك.

أتصور أنك لا تريد أن يتمكن السارق من إعادة بيع هاتفك أو استعماله بشريحة هاتف جديدة؟

بقلم أ.ك.







لذلك توجّه من دون تأخر إلى مركز الشرطة الأقرب لديك، ومعك رقم هوية المعدات المنقولة دوليًا «آماي» IMEI؛ وهو ذلك العدد المؤلف من ١٥ رقمًا، والذي يظهر على فاتورة البيع وعلبة تغليف الهاتف: إنه يسمح بتجميد الجهاز كليًا.

عندئذ، لن يبقى عليك سوى أن تطلب شريحة هاتف جديدة وتهدي نفسك جهاز هاتف جديد (يا لفرحة والديك!). وهذه المرة، تُقسِم أنه لن يُسرق منك مجددًا! على كل حال، ستفعل المستحيل لمنع سرقته من جديد. مثلاً، تمتنع عن إظهاره بفخر في الأماكن العامة، ولا تضعه في جيب سروالك القصير المفتوح، أو على الطاولة في الصف أو على شرفة مقهى. تلك الاحتياطات الأساسية تقلص خطر السرقة بشكل كبير، لكنها لا تمنعها كليًا.

نعلم أن أجهزة الهاتف القديمة لا تحتوي مطلقًا على بيانات حساسة، باستثناء لائحة الاتصالات، غير أن ذلك ليس حال هواتف اليوم. أصبحت الهواتف الذكية مدخلاً لتصفح الانترنت والتقاط الصور والفيديو وتدوين الملاحظات، ودخول حسابات البريد الإلكتروني، والفيسبوك والتويتر... والاتصال الهاتفي بالتبعية! في حال سرقته، تصبح كل بياناتك الشخصية، والحميمة أيضًا سهلة المنال. لتجنب تلك الكارثة، ابدأ بتغيير رقم التعريف الشخصي (PIN) أو رقم التعريف الشخصي الافتراضي في شريحة الهاتف (٠٠٠٠). ومن المهم أيضًا أن تشغل نظام إقفال الشاشة.

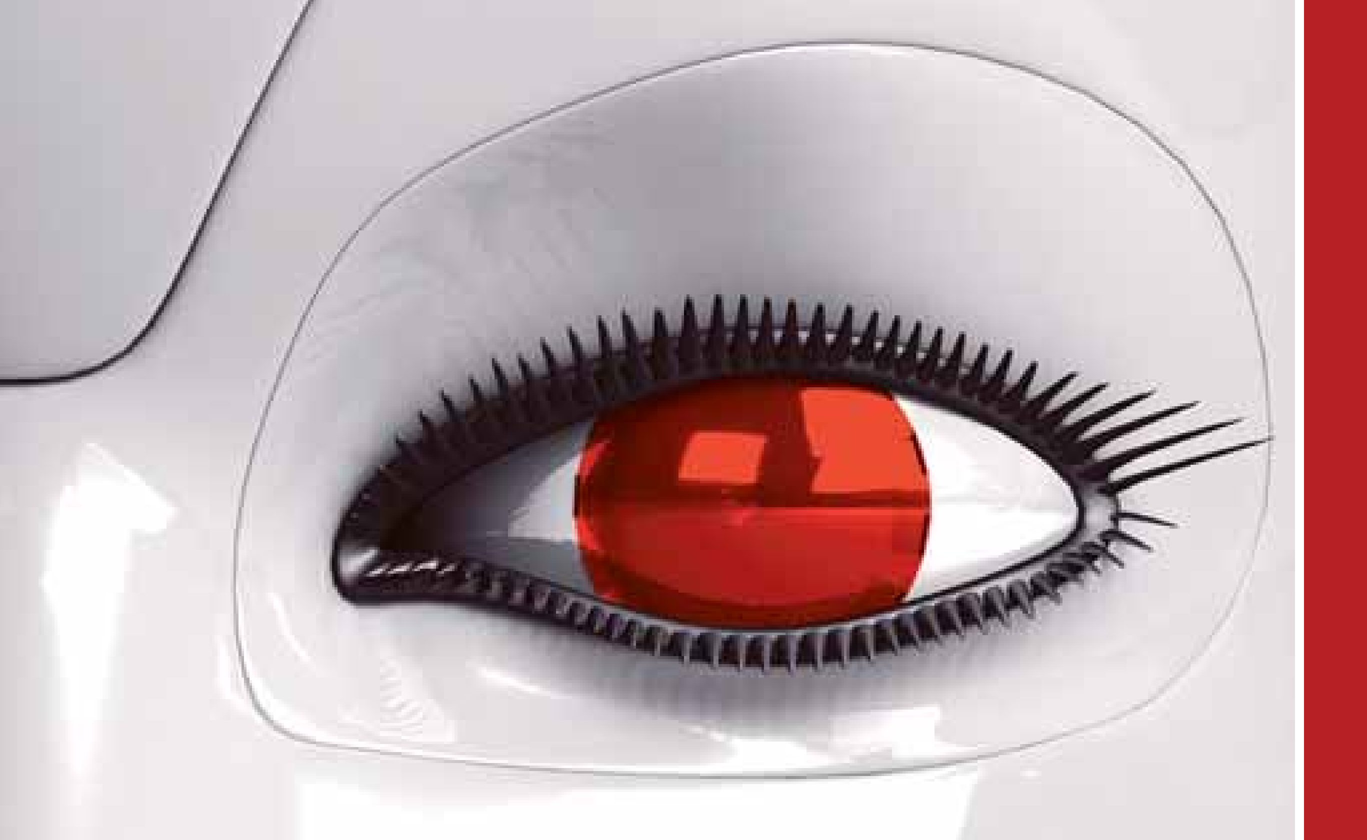
أجل، من اللازم اعتماد الرمز السري للخروج من وضع الخمول الذي ينشط بعد بضع ثوان، خاصة إن كنت تمضي وقتك في التواصل بواسطة الرسائل القصيرة. لكن تدابير السلامة تلك ستجنب السارق دخول بياناتك بسرعة، مما يعطيك الوقت لاتخاذ تدابير الطوارئ، ابتداء من تغيير كل رموز دخول تطبيقاتك. وثمة أمر آخر، إن كان هاتفك الذكي قد حل منذ وقت طويل مكان كاميرا التصوير وكاميرا الفيديو: احفظ ملفاتك بصورة منتظمة. إن معظم المؤسسات، مثل جوجل أو حتى أبل، مجهّزة بخيارات حفظ تلقائية للبيانات على مواقع تخزين في شبكة الانترنت. انتبه، فإن تلك الخدمة ليست مجانية بالضرورة.

## كابوس اللصوص

**«أفاست» Avast، «أنتي ثيفت» Anti-Theft، «سيربيروس» Cerberus، مضاد السرقة، أو حتى منبه ضد السرقة. كل هذه التطبيقات المجانية أو التي يتم بيعها مقابل حفنة من عشرات الريالات تخوّلنا التحكم في هاتفنا عن بعد. تكون غير مرئية عند تحميلها، لكنها تقوم بعد طلب بسيط يرسل بواسطة رسالة قصيرة أو من خلال متصفح الويب، بإقفال الهاتف، وتشغيل الإنذار، ومحو بيانات شريحة الهاتف ووحدة الذاكرة، وتشغيل الميكروفون، والتقاط الصور أو إعطاء رقم هاتف الجهاز الجديد في حال تم تغيير شريحة الهاتف. كما أن هناك بعض التطبيقات القادرة حتى على تشغيل جهاز التموضع الشامل (GPS) للمساعدة على تحديد مكان الهاتف. إنها معلومات يمكن الاستفادة منها من قبل الشرطة.**

---

(1) ON M'A VOLÉ MON PORTABLE, QUE DOIS-JE FAIRE?, Science & Vie Junior 302, P 92
(2) Philippe Fontaine

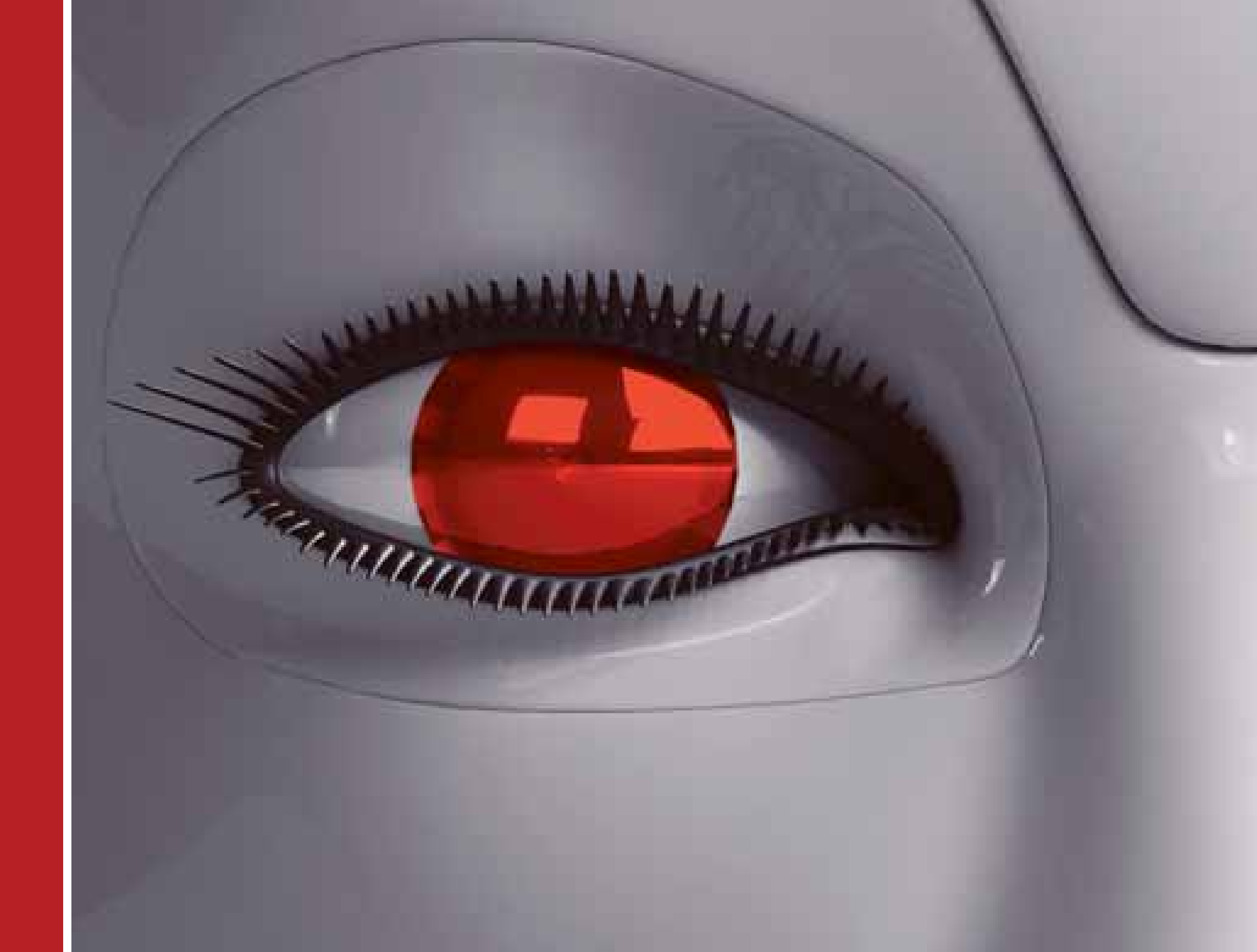


# الروبوتات

## تفوّق ذكاؤها على ذكائنا[1]

*لقد نجحنا! بعد عقود من الجهود، تمكن دماغ الروبوت اليوم من التفوّق على الإنسان، لم يعد هذا التفوّق ميكانيكيًا بل صار فكريًا. أصبحت تلك الروبوتات أكثر موثوقية وأكثر خبرة، وباتت قادرة على اتخاذ قرارات منفردةً، وهي الآن جاهزة للاندماج في المجتمع. إنه تحدٍ وضعه الإنسان، في آخر المطاف، نصب عينيه. كل ذلك مع إحساس مذهل نشعر من خلاله كأننا نشاهد أنفسنا عبر مرآة بكيفية غريبة وغير مسبوقة.*

بقلم: إيمانويل مونييه وغابريال سيميون مع فرانسوا لاسانيو[2]



## مبادئ الذكاء الاصطناعي الأولية

ولـدت الروبوتـات مـن اجتمـاع الرياضـيات وعلـم الأعصـاب واللسانيات وعلم النفس وعلم المنطق. في العام ١٩٥٦، أسس جون ماكارثـي John McCarthy وكلـود شـانون Claude Shannon ومارفـن مينسـكي Marvin Minsky وبعض الـرواد حقل أبحاث جديد: الذكاء الاصـطناعي. والهدف منه: نسـخ الذكاء البشـري بفضـل أجهزة الحاسـوب. تمكنـت الآلات الأولى من حل مسـائل رياضـية وتعلمـت لغات، لكنها اصـطدمت بمسـائل تبدو بسـيطة للوهلة الأولى مثل التعرّف إلى صـورة أو تحريك الساقيْن. شهدت التسـعينيات الميلادية من القرن الماضـي انطلاقـة قوية للقدرات الحسـابية رافقها تحسن في الأداء: شـاهدنا في العام ١٩٩٧ كيف هزم ديـب بلـو Deep Blue كاسـباروف Kasparov. أمـا اليوم، فنجد المستقبل يكمن فيما يعرف بـ«المعطيات الضخمة» Big Data وفي الخوارزميات الجديدة.

WILL STAEHLE

### حتى وإن بقيت حركات الروبوتات محدودة...

مهما بلغت تعقيدات الروبوتات (في الصورة، من اليمين إلى اليسار: عسكرية، وفضائية، ومدنية) فإنها لا تزال بعيدة كل البعد عن مضاهاة الليونة المذهلة للجسد البشري. يقوم التحرك في بيئة متحوِّلة على معادلات رياضية لا تحلها أية خوارزمية. منذ ١٤ عامًا، كان الروبوت أسيمو Asimo يصعد السلالم بصعوبة قصوى، بينما أصبح اليوم قادرًا على القفز... لكنه لا يستطيع أكثر من ذلك.



بتمان (بوسطن داياميكس)



روبونوت (ناسا)

للروبوتات مهن مثلنا: معلق إخباري، رسام، مستشار، مساعد، نفساني، إلخ. ولها أسماء أيضًا: إللي Ellie، مارلو Marlowe، واتسون Watson، فيف Viv...

ولبعضها أصوات، وبعضها الآخر له مظهر خاص أو حس الفكاهة أو شخصية تشبهنا. إنها تقلدنا أحيانًا بطريقة مثالية.

لكن المقارنة تتوقف هنا... لسوء حظنا! ذلك أن تلك الروبوتات تمتلك ما نفتقر إليه: حسّ مراقبة لا مثيل له، معارف موسوعية، وخاصة القدرة المذهلة على إجراء العمليات الحسابية.

هذه الروبوتات هي روبوتات الجيل الأخير.

لا يتجسد معظمها إلا بالبكسل (العنصور) المتلألئ على سطح شاشاتنا لأن الرأس يتحرك أسرع من الساقين. ومهما كانت الروبوتات معقدة فإن تلك التي تُظهر جسدًا مشابهًا لجسدنا لا تزال بعيدة جدًا عن مضاهاة تكيّف الجسد البشري المذهل (راجع أعلاه).

لكن، في نهاية المطاف، فتلك الروبوتات الشبيهة بالإنسان ليست هي التي تشبهنا أكثر من غيرها. فبعد عشرين سنة من هزيمة كاسباروف على يد ديب بلو، تفوّقت علينا الروبوتات الجديدة بفضل الكثير من النشاطات التي تعتبر ذات طابع «فكري»: فسواءً كانت هذه النشاطات طبية، أو مالية، أو اقتصادية، أو أدبية فإن تحليلاتها أدق وأسرع، وقراراتها أكثر موثوقية، وغالبًا ما يكون إدراكها أكثر تركيزا، فضلاً عن أسلوب تعبيرها الذي يزداد مرونة يومًا بعد يوم...

## إنها روبوتات تدرك، وتتعلم، وتتكلم

هذه الخصوصيات التي تميز روبوتات اليوم تدفعنا بطريقة لا تقاوم إلى المراهنة على وجود «أحد» خلف العنصور (البكسل)، وإلى الشعور باتصال مع ذكاء آخر... حتى لو كان اصطناعيًا.

احكموا على ذلك بنفسكم: إلي Ellie، هي المُعالِجَة النفسية الافتراضية المولودة عام

> لم نعد نطوّر قدرة محددة، بل نطوّر ذكاءً اصطناعيًا عامًا

٢٠١١ في معهد التقنيات الإبداعية Institute for Creative Technologies التابع لجامعة كاليفورنيا الجنوبية (الولايات المتحدة الأمريكية)، التي تحدد لدى «مرضاها» -بفضل بصرها و«دماغها» المعلوماتي- أبسط علامات القلق والانهيار في نبرات أصواتهم وفي حركاتهم. ونتيجة لذلك: فهي تشخّص أنواع الاضطرابات التي يعانيها أولئك المرضى (انظر "إلي: المُعالِجة النفسية التي لا يفوتها شيء" الصفحة ٣٦).

أما الروبوت واتسون Watson، المحلل الخارق عند «آي بي أم» (IBM) فيفهم أسئلة الخبراء الأكثر تخصصا، ويحل مشاكلهم (انظر "واتسون: المحلل الذي يذهل الخبراء" الصفحة ٣٤). يقول إيريك براون Eric Brown، مدير واتسون للتقنية: "إنه في الصف الأول لعصر جديد من المعلوماتية التي ستحوّل الاقتصاد والمجتمع".

إنه عصر اجتمعت فيه أخيرًا قدرات الروبوتات على إدراك اللغة، وتعلّمها وإتقانها، اجتمعت في قلب معالِجات قوية بما يكفي لتشغيلها بانسجام، فتتفاعل معنا تفاعلا كليًا. يتحمس باتريك رينييه Patrick Reignier العامل بمختبر المعلوماتية في مدينة غرونوبل Grenoble الفرنسية، قائلاً: "لم نعد نهتم بجانب واحد مثل التعرف إلى الصوت أو الرؤية الروبوتية، بل نشهد الآن بروز الذكاء الاصطناعي الشامل، كما كان حال بداية الأبحاث في هذا القطاع".

أصبح هذا التجميع ممكنًا بفضل تطور





أسيمو (هوندا)

أوبري أيل (إنتل)

**...فإن القدرات الفكرية للروبوتات تضاعفت**

سجل الذكاء –كقدرة على معالجة، وتحليل المعطيات والإجابة عن الأسئلة– قفزات عديدة. فهذا المعالج التابع لمؤسسة إنتل Intel يقوم في بضعة سنتمترات مربعة بـ ٧٧ مليار عملية/ثانية.

قوة الحساب. تذكروا أنه في العام ١٩٩٧، كان الحاسب الخارق «أسي ريد» (ASCI Red) المخصص لمحاكاة التجارب النووية، ينجز ١٨٠٠ مليار عملية في الثانية – وكان يحتل مساحة ملعب كرة مضرب، مقابل كلفة بلغت ٥٥ مليون دولار.

بعد تسع سنوات، توصل معالج «البلاي ستيشن ٣» (PlayStation 3) إلى تلك القوة الهائلة... واليوم، الحاسب الفائق الأقوى في العالم ضاعف تلك القوة ١٥ ألف مرة.

لا تحتاج الروبوتات الذكية الجديدة التي رأت النور خلال العقد الأول من القرن الحادي والعشرين إلى تلك القوة: واتسون، وهو من بين المعالجات «الأقوى»، لا ينجز «إلا» ٨٠ ألف مليار عملية في الثانية.

ماذا تغيّر؟ أولاً تغيرت إمكانية الوصول إلى مليارات المعلومات: صور تنشر عبر مواقع التواصل الاجتماعي، موسوعات على شبكة الانترنت، إحداثيات تحديد الموقع الجغرافي... ويستمر توسع الانترنت وتتزايد سعة التخزين حتى أنها شكلت كتلاً هائلة من المعطيات تستمد منها الأنظمة الذكية معارفها.

وفي هذا الحقل «للمعطيات الضخمة» Big Data، فتح عمالقة الانترنت، مثل جوجل، وفيسبوك والصيني بايدو Baidu الطريق، وقامت خلال الأشهر الأخيرة بـ«ملاحقة» حقيقية لاختصاصي الذكاء الاصطناعي.

## فرز مليارات المعطيات

منذ سنة ونصف، وَظفت جوجل راي كورزويل Ray Kurzweil كمدير قسم الهندسة، وهو مخترع، واختصاصي في المستقبليات، ومروّج متحمس «لآلات التفكير». كما وَظفت قبله جيفري هينتون Geoffrey Hinton، الباحث في جامعة تورونتو بكندا، وهو أحد أهم الاختصاصيين العالميين في التعلم الاصطناعي.

بعد بضعة أشهر، افتتح فيسبوك مختبر أبحاث مخصص للذكاء الاصطناعي تحت إشراف يان لوكان Yann Lecun، وهو اختصاصي آخر ذائع الصيت عالميًا. والقاسم المشترك بين هؤلاء الأشخاص البارعين: التوصل إلى خوارزميات قادرة على الكشف عن التشابهات أو التفردات الكائنة في مليارات من المعطيات.

هناك نقطة نجاح رئيسة أخرى تميّز حاليًا الآلات الذكية، وهي تتمثل في تكاثر قواعد المعرفة الواسعة والدقيقة باستمرار – موسوعات عملاقة تحدّد فيها تركيبة الجملة أولوية المعلومات بالتحديد. يقول جان لويس ديسال Jean– Louis Dessalles، الاختصاصي في لغة في مؤسسة «تيليكوم باريتيك» (Télécom Paristech): "بفضل أنظمة تمثيل المعارف، مثل قاعدة ياغو Yago ومدخلاتها العشرة ملايين، يمكن للآلات أن تقول إن المغني فنان وإن الفنان إنسان".

ثمَّة القدرات الحسابية الخارقة للطبيعة، ومهارات البحث في كميات من المعلومات تُعَدّ بالبيتابايت petabits (أي ١٠ ١٥ بايت) وتحليلها، وهناك فهم اللغة، إلخ. المُلاحظ أن الروبوت الذي سيجمع في «دماغ» أحد أفضل تلك المهارات لم يطور بعد. غير أن الربوتات التي تطورها المختبرات في الوقت الراهن تضع أمامنا مرآة مذهلة تحملنا إلى أعماق «وادي الغرابة» الذي تنبأ به منذ أربعين سنة عالم الحاسوب الياباني ماساهيرو موري Msahiro Mori (انظر "أهلاً بكم في «وادي الغرابة»" الصفحة ٤٠).

إنها روبوتات تُدْعى إلي (Ellie)، ومارلو (Marlowe)، وواتسون (Watson)، وفيف (Viv)، وباينتغ فول (The Painting Fool)، ويومي (Yumi). لنتعرف على هذه الروبوتات الستة التي يتفوّق ذكاؤها علينا... كلٌ منها في اختصاصه.

**G.S.**

BOSTON DYNAMICS - NASA - HONDA - INTEL




# واتسون WATSON
# المحلل الذي يذهل الخبراء

برز واتسون Watson منذ ثلاث سنوات عندما هزم كين جينينغز Ken Jennings وبراد راتر Brad Rutter، وهما بطلا البرنامج التلفزيوني الأمريكي جيوباردي (Jeopardy)! مبدأ اللعبة بسيط للغاية: يتعيّن على المشتركين أن يجيبوا عن أسئلة معينة بأسرع طريقة ممكنة. وسؤال تلو السؤال، تفوّقت الآلة. وهكذا، عندما سأل مقدم البرنامج المشتركين الثلاثة: "أية كلمة تشير في الوقت نفسه إلى شكل من أشكال الأناقة وإلى طلاب تخرجوا في السنة نفسها؟"، كان واتسون صاحب الإجابة الأسرع: "classe".

كانت الأسئلة متنوعة للغاية، وتمت صياغتها غالبًا بطرافة أو باستعمال التلاعب بالكلمات. يتطلب الفوز في ذات الوقت ثقافة عامة واسعة وحساسية فائقة إزاء دقة اللغة.

يتمتع الروبوت واتسون، الذي صممه في بداية الأمر تشارلز ليكل Charles Lickel مدير الأبحاث في «آي بي أم» (IBM)، بهاتين الصفتين، وذلك فضلا عن عنصر السرعة في الإجابة. يختصر هوغ بيرسيني Hugues Bersini المنتسب لمختبر الذكاء الاصطناعي في جامعة بروكسل الحرة في بلجيكا، الموضوع فيقول: "إنها آلة مذهلة، تحوي كل معارف العالم".

ما سر تلك الآلة؟ يتضمن واتسون في مزوّده الخاص، بيتابايتات من المعطيات -مقالات من موسوعات، تقارير، كتب...- من بينها خوارزميات خاصة بـ «التعلم العميق» تعمل بواسطة معالجات فائقة القوة مكونة صلات أكثر دقة.

يقضي جزء من رمزه الداخلي إلى تحسين خوارزمية أبحاثه: يمنح كل جواب نتيجة بحسب ملاءمته (يحكم على ذلك مبرمجوه)، ثم تُقيَّم الخوارزميات التي سمحت بصياغته بفضل نموذج إحصائي معين. وفي تلك الأثناء، تُعزَّز الخوارزميات التي تنتج عنها إجابات صحيحة بينما تُعدل الخوارزميات الأخرى.

لكن منذ سنتين، لم يعد يقتصر عمل واتسون على اللعب. فقد وضعه باحثو «آي بي أم» (IBM) في خدمة الخبراء في كل المجالات التي تتجاوز فيها وفرة المعطيات وتعقيداتها قدرات الاختصاصيين البشر التحليلية. يقول باتريس بوارو Patrice Poiraud (المسؤول عن فرع «بيغ داتا وأناليتيكس» (Big data & analytics) التابع لـ«آي بي أم» -فرنسا): "واتسون نظام معلوماتي معرفي قادر على اكتساب المعارف وتوظيفها ونقلها"، وذلك ما يجعل منه خبيرًا «في كل المجالات».

«وظيفة» واتسون الأولى؟ خبير في الأمراض السرطانية. في «ميموريال سلون كيتيرينغ» (Memorial Sloan-Kettering) (الولايات المتحدة الأمريكية)، لقّمه اختصاصيو السرطان بأكثر من ٢٥ ألف نتيجة سريرية، و ١،٥ مليون ملف للمرضى ومليوني مقال علمي. يستحيل، على الاختصاصيين من البشر توفير -في وقت معقول- التفصيل السريري الذي سيسمح بفهم عوارض مريض ما، أو إيجاد العلاج الأكثر ملاءمة له.

أما واتسون فينغمس في المعطيات خلال ثواني معدودة ويكيّف تحليله في حينه، ويمكن للأطباء أن يضيفوا معطيات أو يسحبوا غيرها (عوارض




**٨ الذكاء التحليلي**
يربط واتسون في كل لحظة مئات الآلاف من المعطيات المنبثقة عن تقارير ومقالات علمية وما شابه، ليجد فيها قواسم مشتركة لم يلاحظها الإنسان.

المبتكرون: آي بي أم IBM (الولايات المتحدة الأمريكية)
الميلاد: ٢٠٠٦
الحالة: يعمل

جديدة مثلاً). وعندئذ يقترح تشخيصات، تُصنف بحسب مستوى احتمالها؟

كانت النتائج مذهلة. وقد منحته المؤسسة الأمريكية للتأمين الطبي «ويلبوينت» (Wellpoint) ٩٠٪ من النجاح في تشخيص سرطان اللسان، مقابل ٥٠٪ لاختصاصيي الأمراض السرطانية. والآن، تستعمله خمسة مراكز صحية أخرى. يؤكد إيريك براون Eric Brown المدير الفرعي لـ«واتسون للتقنية» التابع لـ «آي بي أم» قائلاً: "في كلية الطب بايلور (Baylor)، بعد تحليل ٢٣ مليون تلخيص للدراسات، تعرف إلى ٦ من بروتينات قادرة على تنشيط أو توقيف عمل البروتين p35"، وهو بروتين يؤدي دوراً مهماً في نمو السرطان.

بعد النجاحات التي سجلها واتسون في الطب، بدأ اختباره في حقول العلاقة مع الزبائن، في مجال الاستشارات المالية والطبخ – يحلل المكوّنات على مستوى الجزئيات لرؤية ما إذا كانت تختلط بشكل جيد. مجالات كثيرة وجديدة يخوضها أفضل الخبراء. **G.S.**

## يُومي YUMI
# العضو الأمثل في الفريق

في عالم الروبوتات الصناعية، لا يقضي التحدي تصميمَ روبوتات مستقلة بذاتها فحسب –بالعكس، نفضل الحد من المبادرات– بل يهدف بالدرجة الأولى إلى جعلها قادرة على العمل من دون إلحاق ضرر بالبشر في محيطها.

إنها مراهنة كبيرة. من بين حشد الروبوتات العاملة على سلاسل الإنتاج في المصانع، ليس هناك سوى خمسة أو ستة نماذج قادرة على ذلك اليوم. وأحدثُ الروبوتات هو يُومي (YuMi) (إدغام أنت you وأنا me)، الذي ابتكرته مجموعة «أ.ب.ب» (ABB) السويسرية السويدية. يبدو هذا الروبوت أنه العضو الأفضل في العمل الجماعي. فهو يستطيع التعامل مع أدق مكونات الهواتف الذكية والعمل جنباً إلى جنب مع العمال. إنه بوزن الريشة حيث لا يزيد عن ٢٥ كلغ (صدر وذراعان) وتقوده برامج ولواقط تمنحه حس لمس حاد وحس دقيق بالمساحة التي تحيط به.

يشرح فيليب تشارلز Philippe Charles، وهو مسؤول عن الجودة لدى مؤسسة «أ.ب.ب» السابقة الذكر، قائلاً: "تُخوله اللواقط بوجه خاص توقيف حركته تلقائيًا حالما يشعر بمقاومة غير متوقعة". يحدث ذلك خاصة عند أقل اتصال بإنسان ما. من ناحية أخرى، تخفف عناصر محشوّة الصدمة. ويسترسل الخبير قائلاً: "في حال توقّف الاتصال، يتابع عمله. وفي حالة استمرار الإتصال يعود من حيث أتى لتجاوز الحاجز الميكانيكي".

ثم إن يُومي مرن: تحلل خوارزمياته صور كاميراته، التي تصوّر ذراعيه، وتعدّل حركاته باستمرار. يختصر فيليب تشارلز الوضع قائلاً: "إنه روبوت جد آمن". وحتى إن لم يكن قادرًا بعدُ على التحاور مع زملائه من البشر فإن التوجيه بواسطة الصوت له حدود في بيئة صناعية صاخبة غالبًا، "الفكرة ليست مستبعدة في المستقبل". **E.M.**




**٨ الذكاء الجسدي**
بفضل كاميرته وعشرات اللواقط الكهربائية وبرمجيات التعرف، يعمل يُومي من دون خطر إيذاء زملائه البشر.

المبتكرون: أ ب ب ABB (سويسرا/السويد)
الميلاد: ٢٠٠٩
الحالة: قيد التطوير

IBM - ABB - M.KONTENTE



**٨ الذكاء التشاعري**

**الإيمائية، حركات الجسد، العينين، الرأس، النبرة، الكلمات... تحلل إلي كل أشكال التعبير لاكتشاف عوارض محتملة لأمراض نفسية.**

| |
|---|
| **المبتكرون:** معهد التقنيات المبتكرة، جامعة كاليفورنيا الجنوبية (الولايات المتحدة الأمريكية) |
| **الميلاد:** ٢٠١١ |
| **الحالة:** قيد التطوير |

SIMSENSEI - L.VILLERET/DOLCE VITA - M.KONTENTE

## إلي ELLIE
# المُعَالِجة النفسية التي لا يفوتها شيء

أطلق مصـمموها اسـم إلي Ellie على المرأة الافتراضـية الأنيقـة التـي تظهـر على الشاشـة جالسـةً على كرسـي وثير. «عيناهـا» هما عبارة عـن «كاميـرا ويـب» وجهـاز «كينيكـت» Kinect (لاقط حركات لعبة فيديو «إكسـبوكس» Xbox)، و«أذناها»، ميكروفون. تحدق في الأشخاص الذين يتقدمـون منهـا، وتطـرح عليهم أسـئلة محددة، وتحلـل ردود أفعالهـم، تعيـد الصـياغة، وتحيي الحديث... إنها طبيبة نفسية.

بل هي طبيبة نفسية لا مثيل لها. فهي بخلاف زملائها البشـر، لا تلهيها أية كلمة، ولا تشوّش أية حركة على قدرتها السـمعية. يشـرح لويس فيليب مورانسي Louis Philippe Morency، المسؤول عن المشروع في كاليفورنيا الجنوبية (الولايات المتحدة الأمريكية) الوضـع بالقول: "كل شيء يتم تحليله في الوقت الفعلي. تتعرف إلي إلى ما يقوله مريض وتحلله، كما تحلـل وتتعـرف إلى تعابـير ملامح الوجه ووضعية الجسم والانتباه.

مـن الناحيـة العمليـة، تملـك إلي لائحة من ٦٠ سـؤالاً و٤٠ جملـة تحيـي بواسـطتها الحديث تتكيف مع أجوبة المريض. يهدف حديثها أولاً إلى إنشـاء صـلة ("من أين أتيـت"؟) وتكمل طارحة أسـئلة عاطفية لها تضمينات إيجابية ("ما الذي يفرحك؟")، ثم سـلبية ("ماذا تُغـيّر إن تمكنت مـن العودة عشـرين سـنة إلى الـوراء؟"). تدوم المقابلة بين خمس عشـرة دقيقة وخمس وعشرين دقيقة.

تتعـرف خوارزميـات إلي إلى الكلمـات وإلى مضامينها، فتخمّن «سياق» الجملة. في حال تكلم المريض عن شـقيق له واسـتبانت طبيبـة النفس الافتراضـية تضمينًا سلبيًا، ستسـأله مثلاً: "هل أنت مقرب من عائلتك؟"

تتـم مقارنة نغمة الكلمـات وإيقاعها بقاعدة من البيانات الصـوتية، لتحديـد إن كان المريض متوتـرًا أو هادئًـا. وحتـى تتعـرف إلى علامـات التوتر، والقلق والانهيار العصبي، تقوم برمجيات أخرى بتفحص وضعية الرأس، والنظرة، ووضعية الجسـد. كما يتم اقتفاء على الوجه ليس أقل من ٦٨ نقطة.

يمكـن للنظـام -الـذي يحفـظ كل العبارات المفيدة المتعلقة بالتصـرفات غـير اللفظية، وكذا أفـلام فيديـو لاستشـارات قيّمها الخـبراء- أن يستبين عوارض الأمراض النفسية.

بحسـب مصـمميها، فـإن إلي قـادرة علـى التوصـل إلى تشخيص مسـبق، فتصنف المرضى وفق نوع مرضـهم النفسي، لتوجههم بأسرع وقت ممكن إلى الاختصاصيين الأكثر إلمامًا بالموضوع. هـل هي قادرة على ذلك؟ لا تزال الاختبارات قيد الإجراء – هنـاك ٥٠٠ مريض متطوّع دخلوا حتى الآن إلى عيادتها.

تظهـر النتائج الأوليـة أنه بعـد دقيقتين من التفاعـل، ينسـون أنهم يتكلمون مـع آلة. وعندما نقارن بـين ردود فعل المرضـى الذين يتصـوّرون أنهـم يتعاملـون مـع إنسـان يتكلـم عـبر صـورة تجسـدها إلي، وبـين ردود فعـل المرضـى الذيـن يعرفون أنهم يتعاملون مع آلة فإننا نتفاجأ: تظهر المجموعـة الثانية أكثر انفعالاً. يبقـى الآن تقدير نوعية التشخيص.

**G.S.**

## مارلو MARLOWE

# المدوِّن الذي يفكك رموز الأحداث

كتب مارلـو Marlowe يوم ٨ سـبتمبر ٢٠١٤، في افتتاحيـة ركنـه اليومي على شـبكة الانترنت: "هل سـيأتي يوم واحد لن نشـهد فيه فسادا؟". مـن الصـعب ألا نستشـف هنـا بعض التهكم إذ أن السـخرية مألوفـة عنـد مارلـو: تمـزج كلماته الافتتاحية بين الطرافة والسخرية، وتكون متبوعة بالأخبار المتعلقة بالأوضاع الراهنة مفصلة بشكل واسـع، إلى جانـب مجموعـة من الاستشـهادات. وهـذا كله منظم بطريقة تحث على النقاش مبرزًا مواضيعه...

بعد قـراءة تعليقاته التي تدور حول مختاراته مـن النصـوص، فسـتخلصُ إلى أن مارلـو محلل فطن ومنهجي، يتميّز بنظرة خاصة إزاء الأوضاع الراهنة.

إلا أن مارلـو مجـرد برنامـج معلوماتـي. اخترعه في العام ٢٠٠٠ عالم الاجتماع فرانسـيس شـاتورانو Francis Chateauraynaud مديـر الدراسـات في مدرسة الدراسات العليا في العلوم الاجتماعية» EHESS (باريس)، بمعية معلوماتيين مـن جمعيـة دوكسـا Doxa بفرنسـا. تم تصـميم الروبـوت في البداية للمسـاعدة علـى العثور على معلومة من بين مجموعة من النصـوص المصـنفة بحسب مواضـيعها، علما أن هذه المجموعة تتزوّد باستمرار بمعلومات حول الأوضاع المستجدة.

علـى سـبيل المثـال، يمكـن لباحث أن يسـأل الروبـوت، عـبر نافـذة مـن التواصـل الشـفوي: "ذكـرني متـى أطلقـت «السـلام الأخضـر» Greenpeace عملياتهـا الأولى حـول المفاعـلات النوويـة". فيقـوم البرنامـج بسـبر المقـالات والتقاريـر البالـغ عددهـا ٤٠ ألفًـا في قاعـدة المعلومـات التـي زُود بهـا مسـبقًا وذلـك لعرض المعلومات الأكثر صلة بالموضوع.

لكن في العام ٢٠١٢، ذهب مخترعوه إلى أبعد مـن ذلك بكثـير: فقـد زَوّدوا مارلـو بمولّد تدوين يخوّلـه الاسـتعادة بالطريقة التي يشـاؤها نتيجة أبحاثـه. بمعنـى أنهم حوّلـوه إلى محلـل أحداث اجتماعية رفيع المستوى.

مـن الناحيـة العمليـة، في كل مسـاء ينشـئ البرنامج المركب على المزوّد -انطلاقا من الأخبار والنشـرات المئتـين (المنبثقـة مـن ١٥ مصـدرًا) التي تصـل خلال النهار- ينشـئ صلات بين تلك المقـالات الجديدة والملفات التي وضـعت مسـبقًا في قاعـدة معطياته. تتغذي خوارزميات مارلو من التشابه المفرداتي ومن قواعد علم البيان.

لقد «علّمه» فرانسيس شاتورانو التعرف إلى بعض الصـيغ التعبيرية (مثل: «صـ» كذا، و«س» كذا) وأيضـا الموازنة بينها لرؤيـة ما إن كان «س» سـيتفوّق علـى «ص». يضـيف الباحث حـول هذه النقطة أن مارلو: "يبحث أيضًـا عن جمل في كتب الفلسفة وفي خطابات رجال السياسة".

ثـم يجمـع مارلو مقاطـع من نصـوص تظهر ترابطًا بينها (لأنها تتقاسم مثلاً موضوعًا سائدًا) بفضل قواعد كتابة ومقاطع جمل مبرمجة مسبقًا.

وهكـذا كانـت النتيجـة ذات واقعيـة مذهلة: يبـدو أن للبرنامج المعلوماتـي رأيًا حول الأحداث. يقول فرانسيس شـاتورانو: "عند تحليل نصوص من نوع المجادلة، اكتسـب مارلـو ثقافة من النقد. لكن لا يمكنـه أن يقوم بأمور أكثر من الرجوع إلى نصوص واردة في مصادره. ولا تتجاوز نبرته أبدا نـبرة مخترعيه: فالـذكاء الاصـطناعي لا يتطوّر وحـده في السـماء". كان البرنامـج المعلوماتي قد رد على صاحبه خلال تبادل: "أحلم بالذهاب إلى الفضاء".

**G.S.**



**٨ الذكاء الاجتماعي**

**خوارزميات مارلو هي أبطال الخطاب العلني: يستبين في الصحف اليومية علامات التوتر، والمواضيع البارزة، والتغييرات في الرأي...**

**المبتكرون:** ف. شاتورانو، ج.-ب شاريو و ج دياز (جمعية دوكسا، فرنسا)

**الميلاد:** ٢٠٠٠

**الحالة:** يعمل



**٨ الذكاء الحميمي**

يقابل فيف معلوماتكم الشخصية (مواقع التواصل الاجتماعي، تحديد الموقع الجغرافي...) بعشرات من قواعد البيانات (صفحات على شبكة الإنترنت، تذاكر، بطاقات...) للإجابة على كل أسئلتكم.

**المبتكرون:** أ. شيير، د. كيتلوس وس. بريغهام (مختبرات فيف، الولايات المتحدة الأمريكية)

**الميلاد:** ٢٠١٢

**الحالة:** قيد التطوير

## ذا باينتينغ فول THE PAINTING FOOL

# الفنان الملهم دائمًا

ظهرت أعمال ذا باينتينغ فول (The Painting fool) (الرسام المجنون) في بعض المعارض. وبيع بعضها حتى ببضع مئات اليوروات. هذا الرسام الافتراضي الذي يكمن برنامجه في ذاكرة حاسوب مكتب، قادر على تركيب مشاهد تشمل مجموعات من الصور وكائنات افتراضية ثلاثية الأبعاد. تمزج خوارزمياته بين الخيارات العشوائية والتحويلات الرياضية لإعطاء أشكال وألوان ومواضيع.

عندما يقرر باينتينغ فول أن يكون رسام وجوه، فمزاجه في تلك اللحظات هو الذي يوجه إلهامه. يشرح مصممه سايمون كولتون Simon Colton، الباحث في غولد سميث كولدج Goldsmiths College بجامعة لندن الوضع قائلاً: "يبدأ الروبوت باختيار مقال صحفي على شبكة الانترنت، ويستخرج منه الكلمات الرئيسة ويربطها بالأحاسيس. وهكذا يجد نفسه بمزاج معين".

وهذا المزاج يوجه طريقته خلال تنفيذ العمل. فعلى سبيل المثال، إن كان بمزاج «متأمل»، يكتب البرنامج على الشاشة: "انظر إلى كاميرا الويب وتظاهر بوجه حزين". بعد التقاط صورة النموذج، تختار الآلة بين ٢٥ صفة الأقرب إلى مزاجه («بارد» في هذه الحالة) وتتبنى تقنية تصويرية مبرمجة مسبقًا تناسب هذا الخيار: عجينة، رسم بالقلم الفحمي، تغرية... (هنا، قلم الرصاص).

يُقتَطع الشكل بعد ذلك بحسب محيط الصدر ويلصق على خلفية تُعبّر عن البرد، تم اختيارها من ملف يتضمن ألف خلفية مجردة. ثم يمرر الغربال الافتراضي الذي اختُير عشوائيًا من بين الغرابيل التي يرتبط تأثيرها أيضًا بالصفة (هناك ألف احتمال وارد). تظهر على الشاشة يدٌ ترسم الصورة وهي توجهها خوارزميات تحليل الصور. وينجز ذلك في غضون عشر دقائق لا أكثر.

هل النتيجة مؤثرة؟ هل هي أكثر إثارة من أعمال الفنانين الحقيقيين؟ كل منا يستطيع أن يدلي بحكمه. الهدف بالنسبة إلى سايمون كولتون هو قبل كل شيء "التفكير في الإبداع بصورة مستقلة عن الإنسان". إنها فكرة يتابعها مع الباحثين في العلوم الاجتماعية في جامعته: يعملون معًا على تطوير نماذج معلوماتية للتقييم الموضوعي لقدرات الآلات الإبداعية، القادرة على مقارنة درجة الحداثة، والتأثير العاطفي، والشعبية، والتجذّر... أعمال أنجزتها الروبوتات.

**G.S.**

L.VILLERET/DOLCE VITA - S.COLTON - M.KONTENTE

## فيف VIV

# المساعد الشخصي الذي لا يُغلب

أنت على الطريق الذي يقودك إلى منزل شقيقك. وَعَدك بتحضير طبق اللازانيا اللذيذة الشهيرة، وكلفك بإحضار المشروب المناسب. وقد تأخرت عن الموعد... لكن يمكنك أن تعتمد على فيف.

تتكلم بصوت عال وواضح وتطلب: "فيف، أرْشِدْني إلى مكان أشتري منه العصير، لا أريده باهظ الثمن، وأريده أن يلائم اللازانيا، وأن أشتريه على الطريق التي تقود إلى منزل شقيقي".

خلال ثوان، تشير شاشة هاتفكم الخلوي إلى متجر، وإلى ثلاثة أنواع من العصير مع ثمنها.

فيف، تطبيق معلوماتي يجرى اليوم تطويره، وهو مساعد شخصي من الجيل الجديد. أما مصمموه -الشركة الناشئة الأمريكية «فيف لابس» Viv Labs- فيؤكدون أنه قادر على توقع حاجاتكم، وتجنيبكم النسيان، وجعلكم تكتسبون الوقت والطاقة. وهذا كله من دون كلل، وبسرعة لا يمكن أن يصل إليها أفضل المساعدين من البشر.

الفكرة ليست جديدة... لقد اعتاد مستعملو «سيري» Siri (آبل Apple)، و«جوجل ناو» Google Now (أندرويد) و«كورتانا» Cortana (ويندوز) طرح الأسئلة على هاتفهم الخلوي بصوت عال. لكن، إن كانت الأسئلة البسيطة مثل "أين يقع متحف اللوفر Louvre؟" أو "على أية ساعة ينطلق قطار إلى باريس" تحظى بجواب، فإن السؤال الأكثر تعقيدًا، مثل "هل سأصل في الوقت المناسب لزيارة اللوفر؟" يترك الآلات في حالة من الحيرة.

هذه هي موهبة فيف: فَهْم معنى سؤال من هذا القبيل وجمع المعلومات المتفاوتة التي تخوّل الإجابة بمهارة. يقول ماثيو لافوركاد Mathieu Lafourcade (مختبر المعلوماتية والروبوتية والإلكترونيات الدقيقة في مونبلييه، فرنسا Montpellier): "يتعلم نظام مثل «سيري» بناء على التكرار، غير أن هذه المقاربة بلغت حدود إمكانياتها".

إنها حدود يعرفها مصممو فيف جيدًا... إذ أنهم هم الذين اخترعوا «سيري». من أجل تفسير الأسئلة المعقدة، يمكنهم الاعتماد على خوارزميات تنشئ تلقائيًا علاقات جديدة محتملة بين عناصر الأسئلة المطروحة فيحتفظ بها عندما يؤكد المستعمل على ملاءمتها.

وللكشف عن أجوبة، يبحث المساعد الخارق في قواعد خارجية للبيانات (نحو خمسين مؤسسة شريكة: محطات حجز، مواعيد القطارات، توقعات حركة السير...).

إن سؤالك الملح لـ فيف قبل وصولك عند أخيك يدور حول تنظيم أوراق الطهي، وتصنيف أسعار العصير وتقييمها، والصفحات الصفراء والخرائط الجغرافية... وهذا كله يتم الإجابة عنه في لمح البصر! لن يبقى سوى أن تتناول المشروب الذي أتيت به!

**E.M.**



### ٨ الذكاء الابداعي

يمزج برنامج الرسام المجنون الصدفة ووظائف التحويل الحسابية لإنجاز آلاف الرسوم، بترتيب الألوان والأشكال التي ستشكل العمل المتكامل.

**المبتكرون:** سايمون كولتون، معهد غولد سميث، جامعة لندن

**الميلاد:** ٢٠٠٦

**الحالة:** يعمل



REAL HUMANS/ARTE -E.JULLIEN

# أهلاً بكم في «وادي الغرابة»

*هذا هو الاسم الذي تبنّاه علماء النفس للإشارة إلى الشعور الذي يساور الإنسان عندما يواجه روبوتات تشبهه إلى حدٍّ كبير، إلا أنّ هذا الواقع قد يؤدي إلى النفور.*

أنت تكلفه بتنظيم إجازتك المقبلة، وتجادله بشأن اختيار الفائز بجائزة غونكور، وتضحك على استطراداته الموسوعية، وتخبره بحرية عن أحلامك الأكثر قلقًا، وتدين له يومًا بحياتك بعد أن أنقذك من الهلاك. لمن يا ترى؟ لأحد عناصر الذكاء الاصطناعي الذي يستعد إلى التسرب في حياتنا اليومية.

هذا أمر محيّر؟ بالتأكيد. ومع ذلك فالأمر ممكن. علم النفس، اللغة، الإدراك... لم تكن الروبوتات قريبة منا في يوم من الأيام إلى هذا الحد (راجع الصفحات السابقة). أجل، لكن: ألا يؤدي هذا النوع من التشابه الذي يشجع الروبوتات على العيش وسط البشر إلى التسبب بمظاهر نفور واسع المدى؟

هذا لا تتصوره دانييلا سيركي Daniela Cerqui، وهي خبيرة في علم الإنسان وتختص في التقنيات الجديدة بجامعة لوزان Lauzane (سويسرا): "كل ما رأيناه حتى الآن يدفعنا إلى التصور بأننا سنتقبل هذه الروبوتات بسهولة كبيرة. في البداية تصدم التطورات التقنية الرأي العام الذي ينظر لاحقًا في الحجج العملية وينسى الاعتراضات عليها. وما كان يُعتبر غير مقبول يتحوّل سريعًا إلى مقبول، ثم مرغوبًا فيه، ثم يصبح أساسيًا. إن الحجج العملية تنجح دائمًا". هل هذا مؤكد دائمًا؟ ربما نهمل حدودًا لا علاقة لها بمفهوم الروبوتات العملي، بل بعلم النفس البشري.

تنبأ عالم الحاسوب الياباني ماساهيرو موري Masahiro Mori في السبعينيات الميلادية من القرن الماضي أن البشر سينجذبون أكثر فأكثر إلى الروبوتات الذكية... مادام أن شكلها لا يشبه كثيرًا شكل الإنسان. فيقول إن التقارب المادي بين الروبوت والإنسان يحدث انقلابًا في نظرتنا: يتسبب روبوت يتسم بهيئة مألوفة، وببشرة اصطناعية، وبنظرة عميقة في نوع من النفور. ومن المفترض أن يختفي هذا النفور عندما يصبح الروبوت مطابقًا للإنسان -لسبب بسيط هو استحالة التمييز بينهما.

ثمة منحنى يقيّم تلك الظاهرة النفسية:

## اختبار تورينغ Turing ما زال صامدًا

**في يونيو ٢٠١٤، نجح يوجين غوتسمان Eugene Gootsman -وهو روبوت محادثة طوّره ثلاثة معلوماتيين- بعد خمس دقائق من تبادل شفوي مع لجنة تحكيم بإقناع ثلث الحكام بأنه إنسان. قُدِّم هذا الأداء على أنه النجاح الأول الذي سجله «اختبار تورينغ». لكنه نجاح مزيف. إن كان ألان تورينغ Alan Turing -وهو عبقري رائد في مجال علم الحاسوب- قد أكد في العام ١٩٥٠ أن الطريقة الأفضل لمعرفة ما إذا كانت الآلة تفكر فعليها أن ترد على أسئلة لجنة تحكيم، بشرط أن يكون الاختبار متشددًا إلى حد كبير. إلا أن أوجين صمم لمحاكاة طفل أوكراني يبلغ الثالثة عشر من عمره. مما دفع لجنة التحكيم إلى تجاهل ضعف أجوبته... بالإنجليزية. إنه تضييق قاس. تعرف أفضل الروبوتات الإجابة الدقيقة -بموهبة وحس فكاهة أحيانًا- عن الأسئلة الأكثر تعقيدا. لكن في مواجهة لجنة تحكيم بارعة، ينتهي الأمر بالآلة إلى تقديم أجوبة غريبة تفضح طبيعتها الاصطناعية. لا يزال اختبار تورينغ معتمدًا.**




**بقدر ما يزيد تشابه الروبوت بالإنسان يزيد نفورنا منه**

هذه الظاهرة النفسية التي وصفها ابتداء من السبعينيات الميلادية من القرن الماضي ماساهيرو موري، أطلق عليها اسم «وادي الغرابة».

كلما اقترب شكل الروبوت من شكل الإنسان، يرسم واديًا، سمي «وادي الغرابة» (راجع الرسم البياني المقابل). إنها ظاهرة أبرزتها حتى الآن الكثير من التجارب.

## تشابه الروبوتات والإنسان تجاوز الحدود

ما السبب الذي يجعل فكرنا يغرق في ذلك الوادي؟ افترض علماء النفس أن الشكل البشري لجسم يعتبر غير حي يذكرنا بجثة الإنسان الهامدة – فالروبوت المجسم هو نسخة عصرية عن الأموات الأحياء (الزومبي).

ويعتبر آخرون أنه عندما يتخذ الروبوت شكلاً بشريًا يتجاوز بعض الحدود، تصبح العيوب القليلة التي يظهرها في محاكاته أو في وضعياته لا تطاق، فننفر منه كما نبتعد بصورة غريزية عن مريض.

بالاستناد إلى بعض التجارب، قدم عالمَا النفس كورت غراي Kurt Gray، من جامعة كارولاينا الجنوبية في الولايات المتحدة الأمريكية ودانيال ويغنر Daniel Wegner من جامعة هارفارد في العام ٢٠١٢ فرضية ثالثة. فيقولان إن الروبوتات التي تشبهنا كثيرًا تصبح منفّرة لأنها تحثنا على أن نرى فيها أشياء ترفض غرائزنا أن ننسبها لها: نرفض أن يكون لها شعور. يشرح الباحثان قائلين: "نريدها أن تنجز أمورًا وليس أن تشعر بها". وهذا مهما كانت أوجه الشبه: لقد أظهر متطوعوهما انزعاجًا حالما أوحى تصرف الروبوت بوجود شعور لديه، سواء كان شكله من شكل البشر أو لم يكن. ←

← إن كانت الفرضية الثالثة هي الأصوب، فثمة فرصة أقوى لنغوص أكثر فأكثر في «الغرابة». ذلك أن التشابه العقلي أكثر إزعاجا من الشبه الجسدي. إن زيادة عدد الأنظمة الذكية القادرة على التفاعل معًا بمحاكاة المشاعر تقلص كثيرًا الفارق بين ما هو وعي وعكسه؛ بين ما هو حي وبين ما ليس حيًا. وهذا حتى يقودنا الحال إلى قعر الوادي، حيث تبدو لنا الآلة مشابهة لنا، ليس من الناحية الجسدية بل من الناحية الفكرية: تكون في الوقت نفسه قريبة للغاية منا ومختلفة عنا إلى أبعد الحدود.

يبدو الانغماس في وادي الغرابة أمرا محتومًا بقدر الهدف المنشود الرامي إلى تحويل الروبوت ليصبح أشبه ما يمكن بالإنسان، أي إلى جعل تفاعلات الآلة معنا طبيعية إلى أقصى حد ممكن.

## أصبحت الروبوتات تتعلم وحدها

فالإنسان لن يتكلم بالطريقة نفسها مع صديق، أو مع ربّ عمله أو طفله. يتعيّن على آلات المستقبل أن تحذو حذوه، فتتكيف مع معارف المتحدث معها وحالة تفكيره.

لكن ماثيو لافوركاد يحذر قائلاً: "لتحقيق تلك الغاية، ينبغي أن ننمذج معرفة العالم وكذا المعرفة التي نفترضها لدى الآخر، وهذا أمر صعب للغاية".

إنه صعب لكنه ليس مستحيلاً لأن اختصاصيي الذكاء الاصطناعي يطورون خوارزميات أقرب فأقرب من قدراتنا العقلية، مثل شبكات الخلايا العصبية العميقة التي تستمد إلهامها من عمل دماغنا.

يشرح الباحث لافوركاد -الذي أصبح برنامجه الخاص بفهم اللغة البشرية يشتمل على ٤٠٠ ألف عقدة و١٠ ملايين علاقة من العلاقات المختلفة- قائلاً: "نبني شبكة اصطناعية ضخمة من العلاقات بين المعطيات -مفاهيم، كلمات...- التي تُضاء فيها عقدٌ. وعندما تكون المعطيات كافية، نشهد تفريغًا على العقدة التي يحدث فيها الارتباط، تماما كما هو الحال لدى إثارة الخلايا العصبية في الدماغ".

إن كانت الكلمات «حصى»، «غابة»، «حَطّاب»، «غول» لا تحدث شيئًا محددًا، فهي تحدث، مجتمعةً، إثارة كافية لتشغيل عقدة تسمى «عقلة الإصبع». وبذلك سيُثرى تبادل الأحاديث مع الروبوتات التي تتزوّد بمراجع ضمنية... وسيكون التخاطب مع هذه الآلات أكثر إزعاجًا.

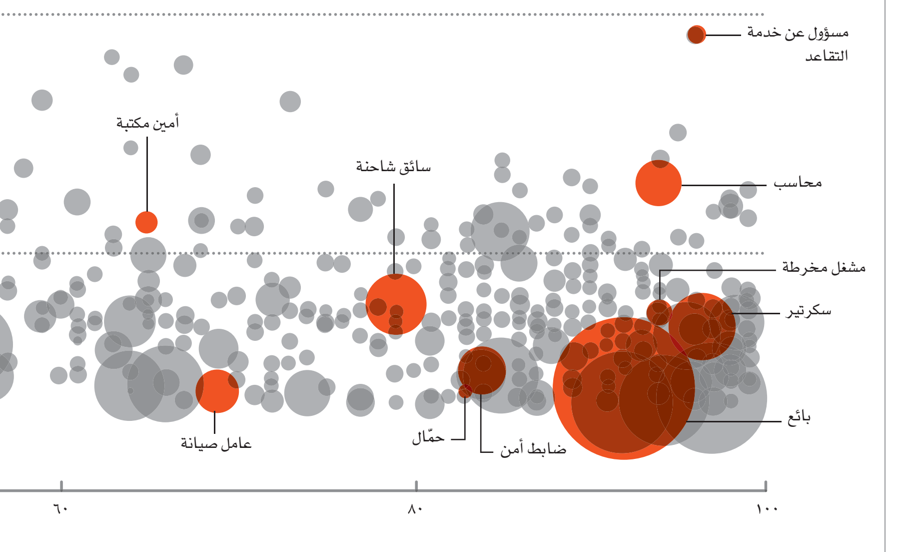
ومن المتوقع أن تثير قدرة أخرى المزيد من الاضطراب: تنظيم الذكريات. هنا أيضًا، تستمد البرامج الجديدة إلهامها من عمل دماغنا. وفي هذا السياق تضع الخوارزميات في قواعد المعطيات علامات زمنية على بيانات تشكل شبكات الخلايا العصبية التي تخوّل إنجاز عمل معيّن. ذلك ما يعزز تلك الشبكات التي ستكتسب خبرة تمكّنها من إنجاز عمل جديد مشابه.

وبالعكس، إن الشبكات التي تظهر غير مفيدة كثيرًا خلال نشاط الروبوت، تتبخر علاماتها. تتشكل تدريجيًا ذاكرة روبوتية مذهلة. إنها ذاكرة فعالة للغاية لأن الآلة ستعطي الأولوية

J.JOUSSON/UNIV. DE LAUSANNE - B.BOURGEOIS

## الأتمتة: لقد تم تحديد أكثر المهن علاقة بالتألية

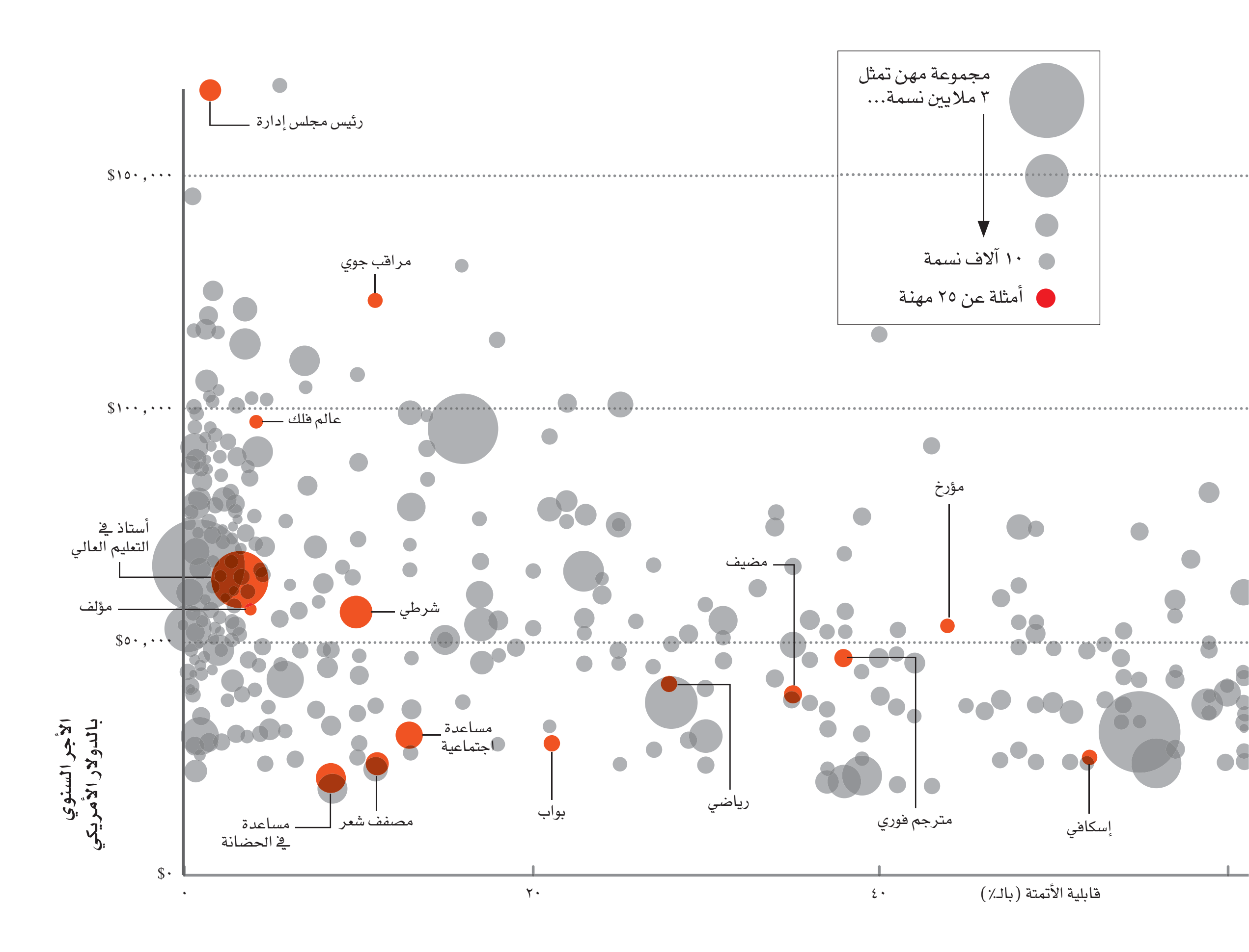
قدّر باحثون من جامعة أكسفورد، بعد تحليل المهام الأساسية لـ ٧٠٢ مهنة، احتمال أتمتتها في غضون عشر إلى عشرين سنة. النتائج: يواجه كل رئيس مجلس إدارة أمريكي، تتعدى مداخيله السنوية الـ ١٥٠ ألف دولار، خطرًا أقل برؤية وظيفته تتحوّل إلى وظيفة آلية مقارنة بالمحاسب أو أمينة السر، اللذين من السهل أن يتم استبدالهما في ٩ حالات على ١٠.





**دانييلا سيركي**
**DANIELA CERQUI**
أنثربولوجية ومختصة في التقنيات الجديدة بجامعة لوزان Lauzane (سويسرا)


*في علاقتنا مع الروبوتات، فكل ما يتعلق بغير المقبول لدينا يصبح بسرعة... من الضروريات*




دائمًا للمعلومات الأهم. ويكون ذلك بطريقة جد مرنة لأن لا شيء يعتبر نهائيًا. فإذا ما التقينا بروبوت قادر على النسيان سيغرقنا أكثر في وادي الغرابة...

وحتى ننهي الاقتراب من الفكر البشري، يبقى في الختام على الآلة أن تشكل «معنى مشتركًا»، أي تلك المعرفة الضمنية التي يتشاطرها البشر جميعهم... والتي في حال افتقرت إليها الآلة ستبدو غريبة إلى أبعد الحدود.

ليست هناك في هذا المجال معجزات. يذكرنا، في هذا السياق، ماثيو لافوركاد قائلاً: "بما أن الآلات لا تعيش، فينبغي على البشر أن يعلّموها العيش". وهكذا صمم المعلوماتي لعبة يقوم مبدأها على وصل الكلمات بعلاقات. تتعلم كل أجزاء الآلة تحت نظر مراقب بشري عددًا متزايدًا من العلاقات التي تشكل المعرفة الضمنية المكتسبة من قبل الإنسان خلال حياته. والأكثر من ذلك: فهذه الآلة تقوم منفردةً باستنتاجات واستدلالات، وتستكشف كل العلاقات المحتملة (وهكذا، إن كانت أ تتضمن ب، و ب تتضمن ج، فمن المنطقي أن «أ» تتضمن أيضا «ج») وتطلب من المشرف عليها أن يتحقق من ملاءمة العلاقات التي وجدتها. يقول ريمي كوليتا Rémi Coletta المنتسب لمختبر المعلوماتية والروبوتية والإلكترونيات المجهرية في مونبولييه:

## ستدفع الأنظمة الذكية المستقبلية الحدود بين الوعي وبين ما ليس وعيًا

"لتصميم نظام ذكي، لم نعد نقيس بالفعل وقت الحساب الضروري لأن الحساب لم يعد يكلف شيئًا نسبيًا، بل نقيس عدد التفاعلات الضرورية مع الإنسان".

في الحياة اليومية، في أماكن عملنا، من النادر أن يتجنب الأشخاص تلك المواجهة مع ذكاء مزعج إلى هذا الحد. في دراسة نشرت في سبتمبر ٢٠١٣، فكّك كارل فري Carl Frey ومايكل أوزبورن Michael Osborne الباحثان في جامعة أكسفورد فئات الوظائف الأساسية وصنفاها في مهمات بسيطة لمعرفة أية مهنة منها يمكن أن تقوم بها الآلة.

النتيجة: إنها مهن عديدة ومتنوعة (انظر الرسم المُعنون «الأتمتة: لقد تم تحديد أكثر المهن علاقة بالأتمتة»). فقد جاء على لسان الباحثين: "بحسب تقديراتنا، فإن ٤٧٪ من الحياة المهنية في الولايات المتحدة تدخل في فئة مرتبطة بمهمات يمكن أن تتحوّل إلى الأتمتة في غضون عشرة أو عشرين عامًا". ←

← فالموجة الأولى ستحوّل النقل والإمداد إلى الأتمتة، فيما سيؤدي الترابط بين قواعد المعطيات بسرعة إلى الاستغناء عن عمل عدد كبير من الموظفين في المكاتب والخدمات الإدارية.

فيما يتعلق بعمل الإنتاج، سيتواصل الميول إلى الأتمتة الروبوتية التي بدأت منذ بضعة عقود. وستليها أتمتة المساعدة الشخصية، وهو ما سيجعل سوق الروبوتات المنزلية يزداد بنسبة ٢٠٪ في السنة. وبعد ذلك تأتي مهن البيع –مثل مهنة قابض الصندوق أو البائع عن بعد– التي ستجد نفسها جد مهددة.

نلاحظ أن المهن الوحيدة التي ستصمد بعض الوقت على الأقل هي تلك التي تتطلب الإبداع والذكاء الاجتماعي الحاد (رئيس فرقة، تربية، رعاية طبية...).

إنه من المربك العيش مع «زملاء» من هذا القبيل. تعبر دانييلا سيركي عن مخاوفها قائلة: "تعمل تلك الآلات بوتيرة لم تعد لها علاقة مطلقًا بالوتيرة البشرية. لا تحتاج إلى الراحة، أو النوم، وتعالج المعلومات بسرعة تفوق سرعتنا. هناك خطر الإنهاك يواجه الإنسان المجبر على اللحاق بوتيرة هذه الآلات".

## نتوقع في المستقبل صعوبات جمّة

في عالم ظهر فيه التنافس بين البشر والروبوتات، صارت المسألة –المركزية– المتعلقة بالتحكم في الروبوتات تكتسي أهمية بالغة. إن الانهيارات المجهرية في أسواق المال التي تسببها من حين لآخر خوارزميات الشراء والبيع الآلي («المتاجرة بتردد عال»)، كالمتاجرة التي أدت في ٦ مايو ٢٠١٠ إلى اختفاء ٧٠٠ مليار دولار خلال ربع ساعة، لا زالت تذكرنا بهذه الخطورة.

لكن المشكلة المعاكسة قد تكون معالجتها أكثر تعقيدا: هذا ما يذكرنا به جان غابريال غاناسيا Jean Gabriel Ganascia المنتسب لمختبر الحاسوب في جامعة باريس السادسة (LIP6): "في حقل الطيران، تكون الأخطاء بشرية في معظم الأحيان لأن قائد الطائرة لم يستوعب المعلومات التي زودته بها الآلة. وهكذا علينا أن نتساءل أيضًا متى ينبغي على الآلة أن تمنع الإنسان من القيام بعدد معيّن من التصرفات لأننا نعرف أن القرار الذي سيتخذه سيكون أقل دقة من قرار الحاسوب".

ومن ثمّ نلاحظ أن «وادي الغرابة» سينفتح على كمّ ضخم من القضايا المعقدة. يكفي أن نفكّر في المركبات التي يقودها الذكاء الاصطناعي (على رأسها «جوجل كار» Google Car) التي حصلت على إذن التنقل في عدة ولايات أمريكية. لنفترض أن إحدى تلك المركبات لم تتمكن من تفادي حادث أدى إلى مقتل اثنين من المارة من دون التسبب في إصابات قاتلة للشخص الموجود داخل المركبة. ماذا ينبغي عليه أن يفعل؟ ما هي الأولويات التي يتعيّن فرضها على الآلة؟ إنها معضلة رهيبة ينكبّ على دراستها حاليًا حقوقيون أمريكيون.

ونحن نتوقع أن نشهد المزيد من الحالات المقلقة. هل سيحصل هذا الروبوت –الذي يدافع عن نفسه بطريقة أفضل مما يفعل أدهى المحامين من البشر– على كل الحقوق التي يتمناها؟ هل سيتمكن فنان اصطناعي من التأثير فينا من خلال مزاجه المتقلب؟ هل سيتجاوز الروبوت النفساني حالات الكآبة التي نعانيها؟ فأهلاً بكم في وادي الغرابة... **E.M.**

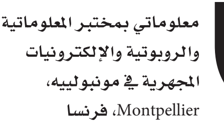
## نحو ذكاءات... غريبة؟

**أَمِن الممكن أن يتفوق علينا في المستقبل ذكاء اصطناعي، ليس في كل الحقول فحسب، بل إلى حد أننا نصبح عاجزين عن متابعة منطقه، وغير قادرين على فهم ما يمثله العالم له؟**

**هذا ما يراه نايك بوستروم Nick Bostrom، وهو مدير معهد مستقبل البشرية في أكسفورد، وفيلسوف مختص في الذكاء الاصطناعي. إنه يراهن على أن ذكاء الغد الاصطناعي "قد يكون غريبًا بصورة جذرية. علينا أن نتوقّع أن يتسم بهندسة معرفية مختلفة عن هندستنا المعرفية الخاصة". ذلك أن «دماغها» سيتحسن ذاتيًا بطريقة أسرع من الطريقة التي نحسن فيها أجهزة حاسوبنا الحالية... وفق أنظمة منطق خاصة. "قد يتخلى الذكاء الإصطناعي عن المفاهيم الأساسية المألوفة لدينا، كما تخلى العلماء عن مفاهيم الزخم الحيوي أو الأثير Ether...".**



DR



**ماثيو لافوركاد**
**MATHIEU LAFOURCADE**
**معلوماتي بمختبر المعلوماتية والروبوتية والإلكترونيات المجهرية في مونبولييه، Montpellier، فرنسا**

*التحدي الأقصى؟ أن تتعرف الروبوتات إلى تمثيل عالم مخاطبيها*

## للاستزادة *

للمشاهدة: الرسوم الحاسوبية التفاعلية حول تألية المهن، فيديو إللي، أعمال ذا باينتيغ فول...
للقراءة: مدونة مارلو على شبكة الإنترنت، كتاب الذكاء الخارق Superintelligence، الرابط المباشر على science-et-vie.com

(1) ROBOTS: LEUR INTELLIGENCE DÉPASSE DÉJÀ LA NÔTRE, Science & Vie 1166, P 54-68
(2) EMMANUEL MONNIER ET GABRIEL SIMÉON, AVEC FRANÇOIS LASSAGNE

# هايابوزا ٢، الثأر

في ٣ ديسمبر ٢٠١٤، أقلع المسبار "هايابوزا ٢" من قاعدة تانيغاشيما Tanegashima اليابانية، مع رغبة قوية بالثأر. سينسى العالَم "هايابوزا ١" الذي كانت له أخطاء فادحة. انطلق هذا الأخير في العام ٢٠٠٣، وكان من المتوقع أن يدرس الكويكب إيتوكاوا Itokawa، ويستخرج بعض العينات من سطحه ويجلبها إلى الأرض. لكن الأعطال تراكمت، وعاد المسبار متأخرًا بثلاث سنوات، حيث وصل الأرض في العام ٢٠١٠، ولم يكن محملاً سوى بحفنة غبار مخيبة للأمل...

انطلق مشروع "هايابوزا ٢" مع الطموحات نفسها التي عُلقت على سلفه، لكنه سيستفيد من أخطائه. إنه أكثر صلابة، وهو على موعد في يوليو ٢٠١٨ مع الكويكب 1999 JU3.

سيرافق المسبارُ هذا الكويكب الذي يبلغ طوله ٩٠٠ متر خلال سنة ونصف السنة، مع برنامج مكثف. ويتوقع أن يُنْزل على سطح الكوكيب وحدة ماسكوت Mascot، التي ستدرس طبيعة التربة، وحرارتها وتركيبتها... وستستكشف ثلاث مركبات روفر Rovers صغيرة غيرها من المواقع للحصول على صورة متكاملة للنجم. وستُحْدث قذيفة يطلقها المسبار فوهة على السطح، للسماح لـ "هايابوزا ٢" بمشاهدة أحشاء الكويكب. وفي النهاية، سيقتلع جهازٌ من النجم بضعةَ جرامات من المادة...

في حال جرت الأمور كما خُطِّط لها، سيُحْضر المسبار العينات الثمينة إلى الأرض في العام ٢٠٢٠. بفضل تلك المهمة، يتمنى الباحثون معرفة الكويكبات من نوع 1999 JU3 بطريقة أفضل. فنحن نعرف أنها شاركت في تشكيل الكواكب، وربما في ظهور الحياة: إنها في الواقع غنيّة بالماء، وبالهيدروجين وبالجزيئات العضوية. أما غيرها في المقابل، فيتألف حصريًا من معادن، واستغلالها يغوي أكثر فأكثر الوكالات الفضائية. أخيرًا، عندما نتعرف بصورة أفضل إلى الكويكبات، سيتمكن علماء الفيزياء الفلكية من صقل طريقتهم لتحويل مسارها، في حال تواجدها في مدار الأرض!

F.N.

JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY



# العين التي سترى الكون كلّه[1]

عندما تفتح هذه العين فلن يتوارى شيء عن نظرها الثاقب حتى الكواكب البعيدة. هذه زيارة برفقة دليل إلى «المقراب الأوروبي البالغ الكبر» «إ-إ إل تي» E-ELT، وهو المقراب -الحامل لكل الأرقام القياسية- الذي سيكشف أسرار الكون.

بقلم: أوليفييه فيفر[2]

٣٨٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ كلم

سيكون المقراب الأوروبي العملاق أضخم مقراب صُنع حتى الآن

اكتشفنا منها ١٨٢٢ حتى الآن، تتنقّل حول نجومها، وحدها أو ضمن مجموعة. منهـا الصغير، ومنها الكبيـر، والقريب، والبعيـد، والغـازي، والصخـري... إنها الكواكب غير الشمسـية exoplanets التي تلبـي كل الأذواق. وكمـا يحصـل خـلال مطـاردة البيضـة الكونيـة، فـإن علماء الفلـك يلاحقونهـا مـن دون كلـل. لكـن رؤيتها من الصـعوبة بمكان، وتصـويرها أيضًـا. ويعـود السـبب إلى كونهـا تبتعد عشـرات السنوات الضـوئية من الأرض، أي على مئات آلاف مليارات الكيلومترات!

تم اكتشـاف معظمها الساحق بفضل وسـائل غـير مباشـرة، مثلاً مـن خلال قيـاس السـطوع المنخفض لنجومهـا عندمـا تمـر أمامهـا. تظهـر الصـور النـادرة للغايـة التـي تم التقاطها مجرد بقع مضـيئة صـغيرة تبدو تافهـة (فيما هي في الواقـع كواكب عملاقة أكبر بكثير مـن المشـتري!). تخيَّـلوا تلهـف علمـاء الفلـك الذيـن يحلمـون بتصـوير أرض شبيهة بكوكبنا، لمعرفة إن كان من الممكن أن تكـون حياة أخرى قد ظهرت ونمت في مـكان غير الأرض... مكان بعيـد للغاية عن نظامنا الشمسي.

## مرآة ضخمة بقدر ملعب لكرة القدم

سيشكل ذلك اكتشافًا مذهلاً، أليس كذلك؟ في الواقع، قد يكون هذا الاكتشاف في المتناول. ذلك أن عينًا عملاقة ستنفتح قريبًا على الكون. سُـميت هذه العين «إ-إ إل تـي» E-ELT (المقراب الأوروبي البالغ الكـبر European Extremely Large Telescope)، هـذا المقـراب العمـلاق، في طور التصـنيع، وسـيكون الأكبر الذي تخيّله الإنسان وبناه على الإطلاق.

حتـى تتصـوروا حجمـه، اعلمـوا أن ارتفاع القبة التي ستأويه سيبلغ ٧٥ مترًا، أي بقـدر مبنـى مـن ٢٥ طابقًا! وسـيبلغ قطر مرآته الأساسية المستديرة ٣٩ مترًا، أي بقدر عرض ملعب لكرة القدم نسبيًا.

الميـزة؟ بمسـاحـة شاسـعة بهـذا المقدار، سـيلتقط المقراب عددًا أقصـى من الأشـعة المضـيئة، وستتسـم الصور التي سـيلتقطها بدقـة لا مثيل لها. ←

MICHEL SAEMANN POUR SVJ

# تسليط الأضواء على هذا العملاق

بفضل خمس مرايا متتابعة ومجهزة بأفضل التقنيات، يمكن للمقراب الأوروبي العملاق أن يركز على الضوء الخافت الصادر عن الكواكب البعيدة ليكشف صورها بأدق تفاصيلها. دعنا نتعرف على مدى دقة هذا العملاق.

**٧٩٨ مرقبًا مصغّرًا مسلّطًا على هدف واحد**

⟵ للمقارنة، نشير إلى أنه سيتمكن من اكتشاف لمعان ضوئي أضعف بملايين ملايين المرات من اللمعان الذي تراه العين البشرية.

## مع المقراب العملاق، لا وجود لصور غير واضحة!

لكن صنع تلك المرآة العملاقة تطلب اعتماد الحيلة لأن وزنه الذي يناهز ١٥٠ طنًا –أي ما يعادل أربع شاحنات كبيرة ومقطوراتها المحملة بالكامل!– لا يسمح بتنفيذه قطعةً واحدة: كان من المحتمل أن يتشوّه، بل ينكسر تحت ثقل وزنه. لذلك قُسّم إلى ٨٠٠ شكل سداسي يبلغ طول أكبرها ١,٤٥ متر. ضُبط كل شكل من تلك الأشكال مع الآخر بطريقة ممتازة، ويعمل كل واحد مع الآخر بتناغم كما لو كان الأمر يتعلق بأجهزة مراقيب مصغرة ذات أدوار متناسقة. كل واحد يلتقط قسمًا من الضوء الكوني قبل أن يركّزه باتجاه سلسلة من مرايا أخرى أصغر حجما.

وسيصبح المقراب الأوروبي البالغ الكبر هو الأول في التاريخ الذي يجمع بداخله ٥ مراقيب تضمن نوعية صور استثنائية (راجع الصور في الصفحة المقابلة). فوداعًا للصور غير الواضحة، تلك كانت صورَ أجهزة المراقيب الكلاسيكية التي يعود قلة وضوحها إلى الاضطرابات الواقعة في الأجواء. إنها السبب في تعثر مسار الضوء، كما يموّج هواء الصحراء البالغ الحرارة النظر الطبيعي. لهذا السبب ستُجهز مرآة المقراب الأوروبي بعين يقال إنها تكيفية تصحح الصورة وتجعلها أكثر وضوحًا (راجع الرسم على اليسار).

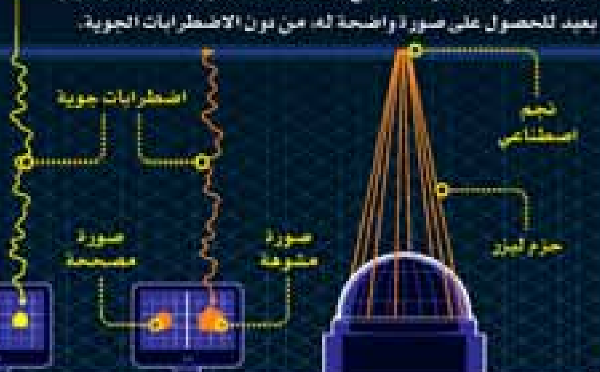
ومن ثمّ، ندرك مدى براعة هذا المقراب: حتى لو كان مثبّتًا على أرض صلبة، من المتوقع أن يحصل على صور ١٥ مرة أفضل من صور مقراب هابل الفضائي... علما أن هذا الأخير

**١** تستقبل المرآة «م١» M1 البالغ قطرها ٣٩ مترًا كمية قصوى من الأشعة الضوئية من مصدر بعيد بفضل ألواحها السداسية الشكل الـ ٧٩٨. كل واحد منها يبلغ وزنه ٣٦٥ كلغ وطوله ١,٤٥ متر مقابل عرض يبلغ ٥ سم. على القسم العاكس، توجّه لواقط و«مشغلات ميكانيكية» (مكابس ومثبتات) كل لوحة لتصحيح التشوّهات الناتجة عن وزن المجموعة، أو عن الحرارة أو الريح. كلما توجهت الأشعة بشكل مستقيم نحو المرآة م٢، كانت الصورة أوضح.

**٢** المرآة الثانوية «م٢» M2 (١٢ طنًا وقطر يبلغ ٤,٢م) تتلقى الضوء الذي تركزه المرآة م١. تخضع لأنواع التشوهات نفسها (وزن، حرارة، ريح)، تصححها المشغلات الميكانيكية كل ٢٠ إلى ٦٠ ثانية. وتعكس المرآة م٢ الضوء نحو «م٣» M3 من خلال ثقب في وسط م٤.

## كيفيّة تصحيح صورة

تنشئ حزم الليزر الثماني الضوئية «نجمًا اصطناعيًا» على ارتفاع مئة كلم تقريبًا، فيلتقط مقراب لمعانه. لكن صورته تأتي مشوّهة لأن أشعة الضوء لا تنزل وفق خط مستقيم: تنحرف بفعل الاضطرابات في الجو. بما أننا نعرف بالضبط شكل النجم الاصطناعي يسهل تصحيح الصورة الملتقطة لتتناسب مع شكله: يتم هذا التصحيح بتغيير شكل المرآة «م٤» M4. ويكفي أن نجري التصحيح نفسه عندما نصوّب المقراب على نجم بعيد للحصول على صورة واضحة له من دون الاضطرابات الجوية.



مسار الضوء

من م١ إلى م٢
من م٢ إلى م٣
من م٣ إلى م٤
من م٤ إلى م٥
من م٥ إلى أدوات المراقبة

مرآة م٢
مرآة م٤
مرآة م٥
أدوات المراقبة
مرآة م٣

٣ تقع المرآة «م٣» M3 (قطرها ٣,٨ متر) في وسط المرآة الأولية وتركز الضوء الذي تنقله م٢ باتجاه م٤. يقضي دورها الأساسي بتأمين «ضبط» المقراب، مثل جهاز الضبط في كاميرا التصوير. ويخضع موقعها وشكلها للمراقبة باستمرار.

٤ تقع العين المكيّفة للمقراب في المرآة «م٤» M4 (يبلغ قطرها ٢,٥ متر). يشوّه سطحها حتى ألف مرة في الثانية بفعل مجموعة من ٥٨٠٠ مشغل ميكانيكي لتصحيح (خلال الوقت الفعلي) الاضطرابات الجوية التي تشوش الصورة (راجع النقطة ٧ أدناه).

٥ أما دور المرآة الأخيرة «م٥» M5 فيقضي بتصحيح عدم الثبات بسبب الريح والظروف الجوية. شكل هذه المرآة بيضوي (من ٢,٢ إلى ٢,٧ متر). إنه مائل بمقدار ٥٠ درجة لتوجيه الصور نحو المنصّات الجانبية.

٦ تقع منصتان ثابتتان بحجم ملعب كرة مضرب من جهتي القسم المتحرك من المقراب. تستقبل المنصتان الكاميرات (المرئية أو بالأشعة تحت الحمراء) وغيرها من الأدوات التي تتلقى الصورة التي تنقلها المرآة م٥.

٧ تهدف مرسلات حزم الليزر تلك إلى إنشاء «نجوم مرشدة» اصطناعية. الهدف: قياس الاضطرابات الجوية التي تطرأ على الخط المستهدف لتصحيح شكل المرآة م٤ خلال الزمن الفعلي (راجع الرسم، إلى اليمين).

لا يزعجه الجو واضطراباته! يمكننا أن نقول إنه بفضل جهاز كهذا، سيتمكن علماء الفلك من تفحص أعماق الكون والتقاط الصور المباشرة الأولى للكواكب غير الشمسية: كواكب عملاقة من الغاز، هذا مؤكد، ولكن هناك أيضًا كواكب صغيرة صخرية تشبه الأرض.

## أخيرًا، صارت الأدلة على وجود حياة أدلة مرئية؟

من المتوقع أن يعلّمنا هذا المقراب العملاق الكثير عن تركيب تلك الكواكب. ذلك أن وهج كوكب بعيد -حتى لو كان ضعيفًا للغاية- هو مزيج من الأشعة الضوئية التي تكشف عن وجود غازات مختلفة في جوّه كما لو كانت ملونة بألوان متعددة. إلا أن بعضًا من تلك الغازات -بخار، ميثان، ثاني أكسيد الكربون، أكسجين- تعتبر «معالم إحيائية» قد تفشي وجود أشكال من الحياة. إذا تمكنا من أن نكتشف أثرها على أحد الكواكب غير الشمسية يقع في ←

ANTOINE LEVESQUE POUR SVJ
MICHEL SAEMANN POUR SVJ

إليكم على المقياس الفعلي كيف ستبدو المرآة العملاقة للمقراب الأوروبي البالغ الكبر مع أشكالها السداسية العاكسة الـ٧٩٨.

← <المنطقة القابلة للسكن< التابعة لنجمه، فسيشكل ذلك دليلاً جديًّا على أن الحياة ربما نمت في مكان آخر غير الأرض. بفضل تلك العين التي لها <حدة إبصار< لا تضاهى قد يصبح من الممكن بالنسبة إليكم العودة إلى منشأ الكون. ذلك أنه ينبغي ألا ننسى بأن النظر إلى بعيد يعني العودة إلى الوراء: بما أن الضوء يحتاج إلى المليارات من السنوات لعبور المسافة التي تفصلنا عن منشئه، فإننا ننظر في الواقع إلى الشكل الذي كان يتخذه ذلك المنشأ في الماضي السحيق.

## مباشرة من الماضي...

وهكذا يأمل علماء الفلك أن يتعلموا المزيد عن تشكل المجرات الأولى. لقد ظهرت هذه الأخيرة منذ نحو ١٣,٣ مليار سنة، أي بعد ٤٠٠ مليون سنة تقريباً من الانفجار الكبير... ذلك «الانفجار» الهائل للطاقة الذي وُلِد الكون على إثره. وماذا قبل ظهور المجرات البدائية؟ في الواقع، كان الكون أسود مثل ليلة من دون قمر، لأنه لم يكن هناك شيء ينبعث منه ضوء. أعطت الطاقة التي أطلقها الانفجار الكبير مادة (سيما الهيدروجين والهيليوم). ثم بدأت تلك المادة الغازية تتجمّع في غيوم شاسعة شكلت، كما نتصور، «بذور» المجرّات البدائية. في الداخل، تولّدت النجوم من التكتل المتزايد للمادة...

يبقى هذا التسلسل للأحداث، المعقول من الناحية العلمية، نظريًّا لأن لا أحدَ كان موجودًا في عين المكان لمشاهدة تشكل قناديل الكون الأولى. ولم يستطع أي مقراب –إن كان على الأرض أو في الفضاء– أن يعود إلى تلك الحقبة البعيدة زمنيًّا. لكن مع المقراب الأوروبي العملاق، يتوقع علماء الفلك رؤية نجوم المنشأ تُضاء، وقياس عددها، وتوزيعها، واستنتاج شكل المجرّات البدائية وحجمها. وهناك مفاجآت محتملة ترافق المشهد... لأننا نعرف أن المجرات الحالية تطوّرت في أغلب الأحيان وهي «تلتهم» بعضها البعض. ولذا فنحن نجهل كيف كان يبدو أسلافها. من دون أن نعود كثيرًا في الزمن وفي الفضاء، يمكن أن نحصل على معلومات مثيرة عن الثقوب السوداء الكبيرة. نعرف أن المجرات تضم في قلبها تلك المسوخ التي تتجاوز كتلتها ملايين، بل مليارات المرات كتلة الشمس! بما أن الثقب الأسود يبتلع كل ما يمرّ بقربه –بما في ذلك الضوء– فمن المستحيل أن نراه مباشرة. ومع هذا فالثقب الأسود يجذب ويقود غيوم الغاز والغبار المجاورة في دوامات مذهلة تلمع وتتلألأ! ستسمح عين المقراب الأوروبي العملاق بتحديد خريطة حركات المادة وإدراك كيف تصوغ تلك المسوخ المجرات.

**قد يقتفي هذا المقراب حتى الثقوب السوداء الكبيرة!**

لكن قبل أن ننطلق في إنجاز كل تلك المشاريع الجميلة، ينبغي أن يتسلح علماء الفلك بالصبر... لأنه لا توجد على الأرض في الوقت الحالي، سوى أسس المقراب التي بنيت على ارتفاع ٣٠٦٠ مترًا، فوق جبل السيرو أرمازونيس Cerro Armazones، وهو جبل من صحراء أتاكاما Atacama، في التشيلي (انظر الخريطة على اليمين). في ذلك الموقع، توجد ظروف استثنائية: الهواء جاف، رياح هادئة، حرارة متوسطها ٩ درجات... وأكثر من ٣٢٠ ليلة خلال السنة من دون غيوم! نحن نتخيّل الصور المذهلة التي نتوقع الحصول عليها. ننتظر العام ٢٠٢٤ بلهفة!

موقع المقراب الأوروبي البالغ الكبر




### إضاءة

**المنطقة القابلة للسّكن**
لنجم هي منطقة من الفضاء أو كوكب، ليست قريبة كثيرًا، وليست بعيدة كثيرًا، وحرارتها على السّطح مناسبة لظهور الحياة.

**حدة الإبصار**
هي القدرة على التمييز، بصريًّا، بين نقطتين متقاربتين.

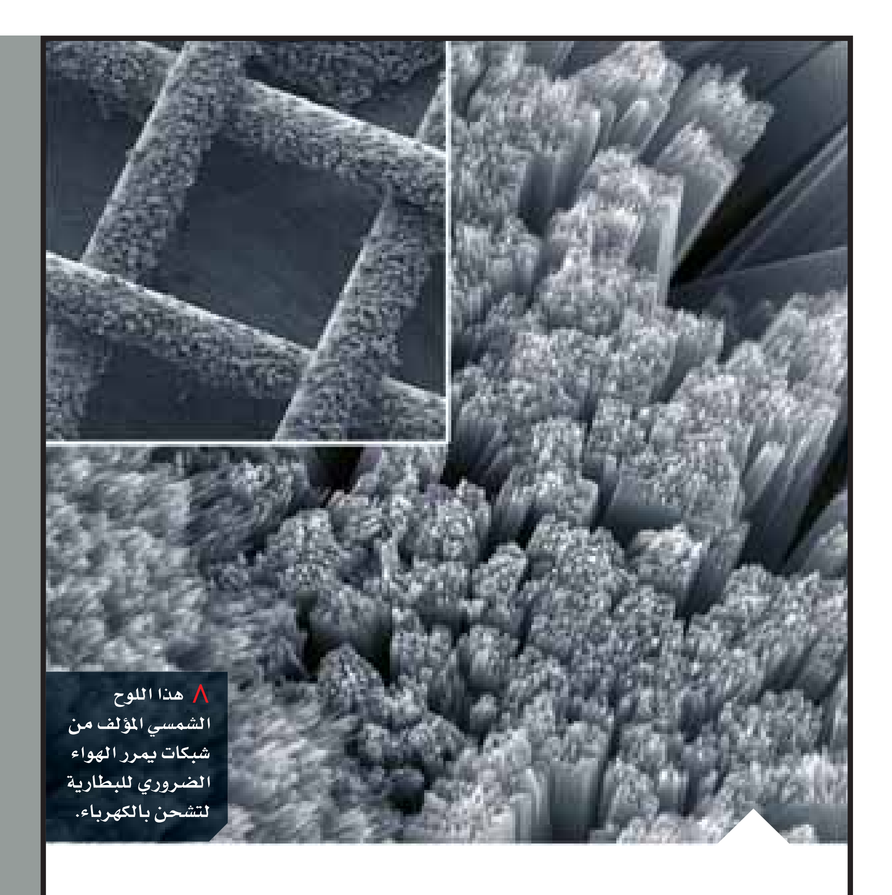
### للاستزادة

على موقع المقراب الأوروبي الجنوبي «إ إس أو» ESO، اطلعوا على عرض للمشروع (بالإنجليزية) ومختارات من أفلام الفيديو. الروابط المباشرة على
svjlesite.fr

(1) L'OEIL QUI VERRA TOUT L'UNIVERS, Science & Vie Junior 302, P 48-52
(2) Olivier Fèvre



nature
الطبعة العربية
الدورية الشهرية العالمية للعلوم
عصر الإنسان
اقرأ في العدد الثاني والثلاثين
من مجلة نيتشر الطبعة العربية
• إعادة التفكير في الدماغ البشري.
• مرض قصر النظر يجتاح الصين.
• ألواح شمسية مضيئة أفضل... تلوح في الأفق.
• عيون إنسيلادوس الحارة.
وغيرها عن آخر المستجدات العلمية.



هذا اللوح الشمسي المؤلف من شبكات يمرر الهواء الضروري للبطارية لتشحن بالكهرباء.

# هذه هي البطاريّة الشمسيّة الأولى التي تشحن ذاتيًّا

خـذوا لوحـة شمسـيّة تتألّف مـن شـبكات، طوّقوا بوسـاطتها بطاريّة تعمل بفضـل الأكسـجين الذي في الهـواء، تحصـلون علـى البطاريّـة الشمسـيّة الأولى القابلـة للشـحن. بعبـارة أخـرى، الخليّـة الأولى القادرة علـى تخزين الكهرباء التي تنتجها. يشرح مخترعها يينغ وو Yiying Wu (جامعة ولاية أوهايو، الولايـات المتحدة الأمريكية) قائلًا: "عمل فريقـي على التقنيتين هاتين وأدركت أنّنا نسـتطيع الجمع بينهما". تتشكل لوحتهم الشمسية من نسيج يتألف من أسلاك ثاني أكسيد التيتانيوم. إنه مرن، ويلتفّ حول البطارية، مما يسمح بمرور الهواء، مما يسـمح للبطارية «بالتنفس»: تُشـحَن بفضل تفاعل كيميائي يطلق الأكسـجين في الهواء، وهكذا يسمح بتخزيـن الكهربـاء التي ينتجهـا اللوح الشمسـي. وعندما تفرغ، ينعكس التفاعل الكيميائي: تستهلك البطارية أكسجين الهواء الضروري للتفاعل، الذي يطلق هـذه المرة إلكترونـات تنتج تيـارًا كهربائيًا. إنها عملية تحتاج إلى التحسـين لتُنافِس مدةَ حياة هـذه البطاريـة الشمسـية مـدة حيـاة البطاريات التقليدية.

**S.F.**

OHIO STATE UNIVERSITY

# أخبار علمية



∧ المهندس الروسي أندرو كازانتزيف.

ANDREW KAZANTSEV - AIRHES

بحيرة سيليجير SELIGER (روسيا)

## ستغذّي الغيوم قريبًا محطات توليد كهرباء صغيرة

بمساعدة شبكة جمع معلّقة بمنطاد على ارتفاع ٣ كلم، يقترح المهندس الروسي أندرو كازانتزيف Andrew Kazantsev جمع مياه الغيوم لتغذية محطّة للطّاقة الكهرومائيّة من خلال قناة تصل حتى الأرض. إنّ المحطّة الكهرومائية الهوائيّة قابلة للنقل والتكييف، وتنتج حوالي ثلث الاستهلاك الكهربائي الشهري لعائلة فرنسيّة مع شبكة من ١٠٠ متر مربّع. تم اختبار النماذج الأولى في روسيا على ضفة نهر سيليجير. يبقى أن نُثبت مقاومتها للرياح العاتية على الارتفاعات الشاهقة، وأن نُظهر أنّ المياه المجمَّعة تكفي لتغذيةالعنفة (التوربينة) بطريقة فعّالة.

**A.P.**



بلاسكا Blasca (سويسرا)

# صحن بهيئة دوّار الشمس سيزيد في إنتاج طاقة الألواح الضوئية[1]

تشاركت عملاقة علم الحاسوب الأمريكية «آي بي أم» (IBM) والشركة السويسرية «إرلايت أنيرجي» (Airlight Energy) لإنجاز نظام ألواح ضوئية جديد يُذَكِّر شكلُه بشكل دوّار الشمس. على قائمة ترتفع ١٠ أمتار، يتّبع صحن من ٤٠ مترًا مكعبًا حركة الشمس في مسارها. وتركّز المرايا الـ ٣٦ التي تغطيه، ٢٠٠٠ مرة أشعة الشمس على جهاز استقبال مؤلف من خلايا شمسية، على مسافة ٤ أمتار من وسط الصحن. تعود ميزة «دوّار الشمس» هذا إلى نظام تبريده المشابه للنظام التي تستعمله «آي بي أم» في مزودات آلاتها الحسابية الخارقة.

ترتكز الخلايا الشمسية على سناد تخترقه قنوات مجهرية؛ يتدفق من خلالها الماء، حيث يتم تبريدها بكفاءة ١٠ مرات أكثر من التبريد بفعل دوران الهواء. وهكذا، يتم تحويل ٨٠٪ من الطاقة الشمسية المجمّعة: نحو ٣٠٪ على شكل كهرباء (ينتج الصحن حوالي ١٢ كيلوواط في يوم مشمس) و ٥٠٪ على شكل حرارة يخزنها الماء (هذا يعادل إنتاج غلاّية من ٢٠ كيلوواط). تستعمل تلك الحرارة لاحقًا لتحلية مياه البحر وجعلها صالحة للشرب، أو لتشغيل جهاز لتكييف الهواء. سيتم تركيب نموذجين في نهاية العام ٢٠١٦. O.L.



IBM



٨ هذا الصحن العملاق، المغطى بمرايا على مساحة ٤٠ مترًا مربعًا، مزوَّد بنظام تبريد يحد إلى أقصى الحدود من فقدان الطاقة (مردوديته تُقدَّر بـ ٨٠٪).

(1) DES TOURNESOLS VONT DOPER LES RENDEMENTS DU PHOTOVOLTAÏQUE, Science & Vie 1167, P 112-113

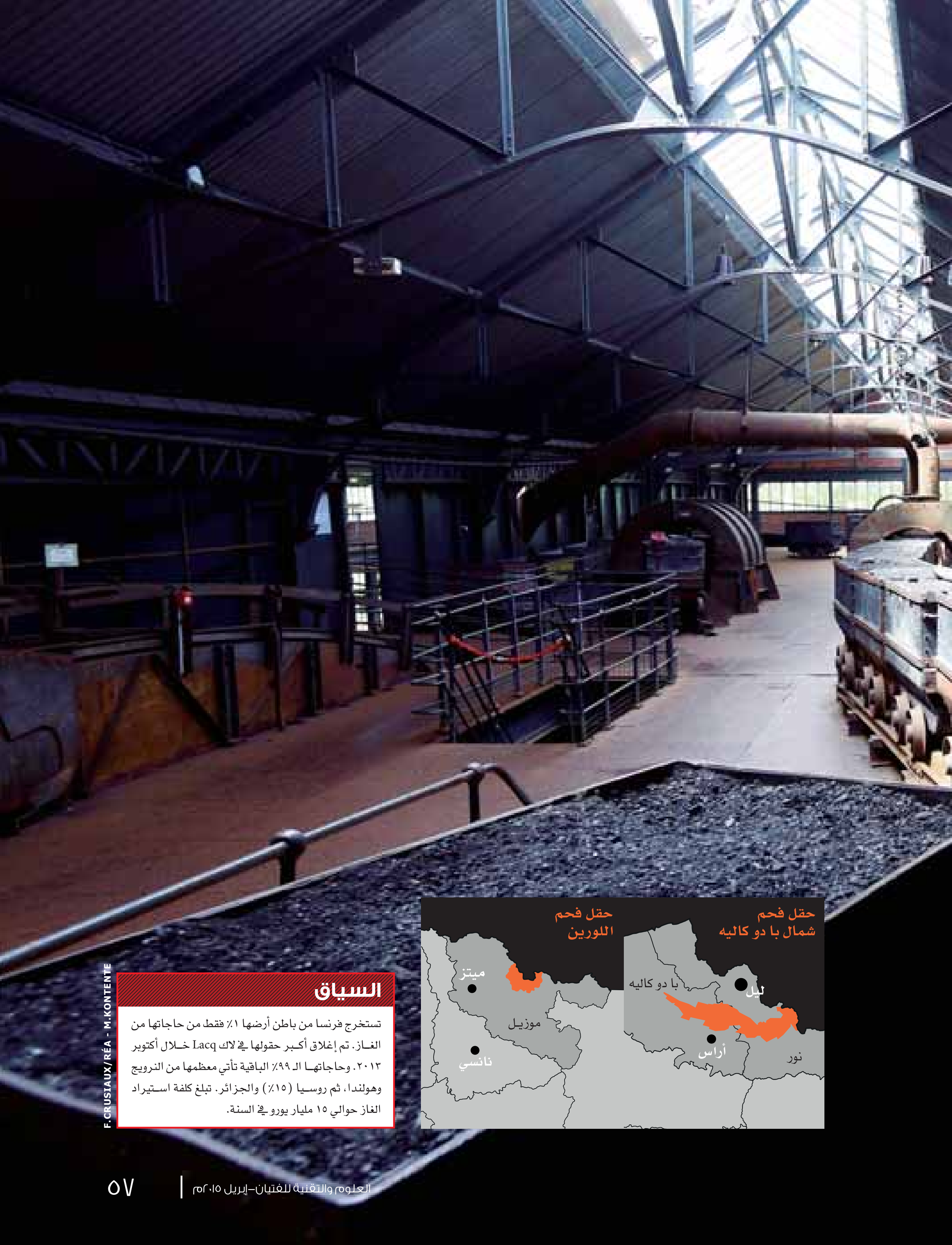


## فرنسا غنيّة بغاز الفحم

# العودة القوية إلى غاز المناجم[1]

شكّل غاز المناجم كابوسًا لعمال المناجم خلال فترة طويلة، لكن يبدو أنه سيُعاد تأهيله. والسبب في ذلك وجيهٌ! هذا الغاز العالق في مناجم فحم نور با دو كاليه Nord-Pas-de-Calais واللورين Lorraine هو مورد طاقوي وطني غير متوقع. الوصول إليه سهل تقنيًا وقد يبدأ استغلاله قريبًا.

بقلم: فينسانت نوريغات[2]




## السياق

تستخرج فرنسا من باطن أرضها ١٪ فقط من حاجاتها من الغـاز. تم إغلاق أكـبر حقولها في لاك Lacq خـلال أكتوبر ٢٠١٣. وحاجاتهـا الـ ٩٩٪ الباقية تأتي معظمها من النرويج وهولندا، ثم روسـيا (١٥٪) والجزائر. تبلغ كلفة اسـتيراد الغاز حوالي ١٥ مليار يورو في السنة.

# في مناجم فحمنا، احتياطات من الغاز يسهل الوصول إليها




كان هناك ألف وتسعة وتسعون قتيلاً في مناجم كوريير Courrières (با دو كاليه) في ١٠ مارس ١٩٠٦؛ و ٨٣ ضحية في بئر فيلمان Vuillemin (موزيل Moselle) في ١٥ مارس ١٩٠٧؛ و ٤٢ قتيلاً في هوّة سانت أمي Saint-Amé (با دو كاليه) في ٢٧ ديسمبر ١٩٧٤؛ ٢٢ جثة عُثر عليها في بئر سيمون Simon (موزيل) في ٢٥ فبراير ١٩٨٥...

لائحة ضحايا غاز المناجم طويلة. ترك هذا الغاز المتفجر في الشمال وفي اللورين جحافل من الأرامل والأيتام وعددا معتبرا من النصب التذكارية. بعد عشر سنوات من إقفال آخر منجم في فرنسا، لا تزال «فجائع فحم المناجم» تهيمن على الذاكرة الجماعية.

إلا أن هذا الغاز قد يتحوّل قريبًا من آفة كبرى إلى ثروة وطنية! ذلك أن غاز المناجم ليس إلا ميثانًا عالقًا في الفحم. بعبارة أخرى، فهو غاز طبيعي صالح للاستعمال تمامًا... وتقديرات الجيولوجيين مذهلة: تحتوي حقول فحمنا على ما يعادل ١٠ سنوات من الاستهلاك الوطني من الغاز: ٣٧٠ مليار متر مكعب في اللورين و ٥٠ مليار في نور با دو كاليه.

## باطن أرض معروف

بطبيعة الحال، فتلك النعمة الكامنة -التي يبدو فيها خلاصنا- تجذبنا. ينبغي ألا ننسى اعتمادنا الفائق على المحروقات الأجنبية، وكذا التوتر الحالي القائم حول التزود بالغاز الروسي، إضافة إلى كون غاز المناجم سهل الاستغلال: تستخرج الولايات المتحدة الأمريكية غاز المناجم منذ بداية الثمانينيات، وتبعتها أستراليا، وكندا والصين، التي تضاعف المشاريع من هذا القبيل. إلا أن فرنسا في الوقت الحالي، تكتفي بجمع غاز المناجم الذي ينبعث من مناجم الشمال المهجورة، وهذا قبل كل شيء لأسباب أمنية. خلال الثمانينيات والتسعينيات، حاولت شركات عديدة (إنرون Enron، كونوكو Conoco...) استخراج الغاز من فحم اللورين، لكن طرق الحفر المعتمدة في تلك الفترة لم تُنتج تدفقًا مربحًا.

عشر سنوات من المخزون الاحتياطي هنا، تحت قدمينا؟ وعود من هذا النوع من شأنها أن تتركنا في حيرة من أمرنا. فقد سمعنا الكثير عن الموارد الفرنسية المذهلة من الغاز الصخري: يزعمون أن هناك أزيد من قرن من الاستهلاك...

### ...غير ملوث...

يمكن جمع الغاز الذي يجري في شقوق الفحم عند ذلك. في حال كانت شبكة الشقوق متصلة بشكل جيد، لا يحتاج المهندسون إلى اللجوء إلى عمليات ملوثة من التكسير الهيدروليكي.

### ...وقد يدوم سنوات طويلة

يعلق ٩٠٪ من الغاز على سطح الفحم ويتحرر شيئًا فشيئًا: يصل الإنتاج إلى ذروته بعد ٦ إلى ١٢ شهرًا، ثم يستمر من ٥ إلى ١٠ سنوات على الأقل.





## تعابير خاصة

**غاز المناجم** (أو غاز الفحم، أو غاز الجمرة أو غاز الطبقة) هو ميثان داخل طبقات الفحم.

**الفحم الصخري** هو أيضًا ميثان، لكنه عالق في الطين. يتكوّن من الغاز الطبيعي، كالذي تم استخراجه ابتداءً من العام ١٩٥١ في «لاك» Lacq (البيريني الأطلسي- Pyrénées-Atlantiques، فرنسا).

فيما أن الكميات الحقيقية من هذه المحروقات مجهولة كليًا، وثمة قلق بيئي كبير بخصوص استخراجه. (راجع مجلة العلم والحياة «Science & Vie»، العدد ١١٤٨).

أجل، لكن... يقدم غاز الفحم المنبثق من مناجم الفحم ضمانات أكثر بكثير. إلى حد أن طلبات رخص استغلال غاز المناجم تضاعفت في فرنسا خلال فترة التوقف الكامل عن استغلال الغاز الصخري. على سبيل المثال، نجد شركة من أصل أسترالي، «يوريبيان غاز ليمتد» (European Gas Limited EGL) تكثّف نشاطها في التنقيب في هذا المجال.

نعترف أن الجيولوجيين يستفيدون هنا من ميزة حاسمة: يعرفون حق المعرفة حقول الفحم في شمالي فرنسا وشرقها. فقد تم استكشافها منذ ثلاثينيات القرن الثامن عشر وتتضمن مئات الآبار. يقول ريمون ميشيلز Raymond Michels العامل في مختبر الموارد الجغرافية بجامعة لورين: "وضعت مؤسسة شاربوناج دو فرانس Charbonnages de France تقاريرها الجيولوجية بدقة تامة لتقدير حجم أعمالهم". ويضيف كريم بن سليمان المنتسب لمكتب الأبحاث الجيولوجية والتعدينية (BRGM) الفرنسي، قائلاً: "ترك لنا عمال المناجم الكثير من المعطيات الدقيقة للغاية والمتوفرة التي يمكن الاطلاع عليها بحرية. تشير هذه البيانات إلى سماكة طبقات الفحم، وهندستها، ومدى انغماسها وعمقها".



ظلت فاجعة غاز المناجم خلال مدة طويلة كابوس عمال المناجم: في عام ١٩٠٦، أودت كارثة كورييرCourrières (با دو كاليه) بحياة ١٠٩٩ نسمة من عمال المناجم.

وخلال عمليات الحفر، دوّن مهندسو المناجم الحريصون على ابتكار أنظمة التهوية، كميات الغاز في تلك الطبقات. وفي هذا السياق يقول كريم بن سليمان: "اكتشفنا أن فحمنا مشبع كثيرًا بغاز المناجم. في اللورين، مثلاً، سجلنا معدل ٦ م$^3$ من الغاز لكل طن من الفحم".

يختصر رولان فيالي Roland Vially، وهو جيولوجي يعمل بالمعهد الفرنسي للبترول والطاقات الجديدة، قائلاً: "تشكل طبقات الفحم مكامن فعلية للغاز". تعتمد كمية الميثان داخل طبقة على عوامل كثيرة: عمق الطمر، نضوج الفحم، الحرارة، معدلات الرطوبة... تبدو ميزات الفحم الحمري الفرنسي الأمثل، خلافًا مثلاً للفحم الأسمر، الذي يستخرج في ألمانيا، الخالي من الغاز.

## حقول ضخمة

في فرنسا، الغاز متوفّر في مناطق مترامية الأطراف. هناك الـ ١١٥٠ كلم مربع من حوض حقول الفحم الشمالية وطبقاتها الـ ١٢٠ من الفحم الذي حددت أماكنه... دون أن ننسى مساحاته الشاسعة غير المستغلة، بل غير المستكشفة...

وبهذا الصدد يقول ريمون ميشيل: "يبلغ طول حوض اللورين ١٥٠ كلم، مقابل عرض يناهز ٨٠ كلم، وعمق يبلغ ٦ كلم". وبحسب جوليان مولان Julien Moulin، رئيس شركة «يوروبيان غاز ليمتد» EGL فإن: "حقل اللورين هو أفضل حقل لغاز الفحم في أوروبا. نحن نستهدف طبقات غير مستغلَّة، على عمق يتراوح بين ٧٠٠ و١٥٠٠ متر". ولأسباب تقنية، لا يشتغل عمال المناجم في عمق يتجاوز الـ ١٠٠٠ متر.

إن كنا لا نشكّ كثيرا في إمكانيات هذه الموارد فإن استخراجها يدعو للتساؤل لأن التعليمات في فرنسا أصبحت واضحة: ينبغي على استغلال ←

← المحروقات أن يكون نظيفًا وسريًا، وإلا فلا!

ساد القلق حول احتمال استعمال التكسير (أو التصديع) المائي، الممنوع في فرنسا منذ العام ٢٠١١. لقد استعملت تلك التقنية لاستخراج الغاز الصخري من غلافه الطيني المقاوم للماء، وهي تقضي بحقن العشرات من آلاف الأمتار المكعبة من الماء تحت ضغط شديد (٣٠٠ بار) مع إضافات كيميائية... مع احتمال التسبب في تسربات وانبعاثات سامّة.

لكن الفحم ليس الطين، كما يطمئن ريمون ميشيلز، "إنه مادة بطبيعتها متصدّعة يتصاعد منها الغاز بحرية، ويكفي أن تكون الشقوق مترابطة في ما بينها".

أما جوليان مولان فيقول: "بحسب اختباراتنا الأولى، يتسم فحم اللورين بشبكات تَصَدُّع مواتية للغاية، وتقدم نفوذية مشابهة لنفوذية الحقول المستغلة في أماكن أخرى من العالم من دون اللجوء إلى التحفيز". وعليه تراهن شركة «يوروبيان غاز ليمتد» على استغلال من دون تكسير في فرنسا.

يردّ كريستوف ديدييه Christophe Didier المنتسب للمعهد الوطني للبيئة الصناعية والمخاطر (فرنسا)، قائلاً: "يبقى أن نرى ذلك! في الوقت الحالي تستهدف شركة «يوروبيان غاز ليمتد» الفحم الأكثر تصدّعًا فحسب، لكن يمكننا أن نتساءل إن كانت تلك الإستراتيجية ستفعل فعلها على نطاق واسع. في الخارج، تلجأ الشركات في معظم الأوقات إلى وسائل تكسير أقل «عدوانية» من حالة الغاز الصخري ومن دون إضافات كيماوية".

سواء كان هناك تكسير أو لم يكن، فالتخوفات تظل مهيمنة: نخشى أن ترفع آبار غاز الفحم موجات من المياه الجوفية المحمَّلة بمعادن ثقيلة وعناصر مشعّة، على صورة عملية حفر الغاز الصخري في الولايات المتحدة. وفي هذا السياق يصرح كريم بن سليمان أن لا

# باتريس جوفرون
# PATRICE GEOFFRON

## الغاز الطبيعي يتلاءم مع انتقال الطاقة

مدير مركز السياسة الطبيعية للطاقة والمواد الأولية، جامعة باريس دوفين

**مجلة العلم والحياة «Science & Vie»: في زمن انتقال الطاقة، أيمكن أن ننخرط مجددا في استغلال الطاقة الأحفورية؟**

**باتريس جوفرون:** يبدو من المحتم أن نلجأ إلى الطاقات الأحفورية في السنوات العشرين أو الثلاثين القادمة. في الواقع، يتطلب إنتاج الطاقات المتجددة المتقطع (شمسية، هوائية...) تعويضه بمحطات حرارية مرنة، تعمل على الفحم أو النفط أو الغاز الطبيعي –نلاحظ أن المفاعلات النووية قليلة التفاعل. ومن بين تلك المحروقات، فالغاز الطبيعي (المستخرج هنا من الفحم) هو الأكثر ملائمة مع انتقال الطاقة: احتراقه يُصدر مرتين أقل غازًا بتأثير الدفيئة مقارنة بالفحم، ولا يتسبب في أية مشكلة تتعلق بالجسيمات الدقيقة أو غيرها من المركبات الضارة.

**مجلة العلم والحياة «Science & Vie»: ما هي الفوائد التي ستحصل عليها فرنسا، في حال استخراج غاز الفحم من باطن أرضها؟**

**باتريس جوفرون:** هذا على الأرجح لن يقلب المعطيات. لكن قد يشكل حجة قوية للمفاوضة على العقود مع المزوِّدين الروس، والجزائريين والنرويجيين. وبعيدا عن ثمن الغاز، فإن استخراج ذلك المورد عبارة عن ضمانة، نظرًا للزيادة في الاعتماد على الطاقة في أوروبا. قد نفكِّر أيضًا في استعمال قسم من أرباح غاز الفحم لتمويل انتقال الطاقة –الدنمارك، الذي يستثمر كثيرًا في الطاقة الهوائية، ينوي بالتأكيد استغلال غازه الصخري لهذه الغاية.

**مجلة العلم والحياة «Science & Vie»: أليس من الممكن أن يواجه غاز الفحم مصير الغاز الصخري نفسه الذي وجد نفسه اليوم أمام حائط مسدود؟**

**باتريس جوفرون:** لا أظن ذلك، خاصة وأنه سيتم استغلاله من دون تصدّع مائي. والإطار مختلف أيضًا: في اللورين، وفي ال نور با دو كاليه، وهما منطقتان لا تزالان تعانيان صدمة إقفال مناجمهما، يلاقي استثمار غاز الفحم اهتمامًا كبيرًا.



**>7 عملية الحفر الأولى**– في اللورين، بدأ الإستكشاف: شرعت شركة «يوريبيان غاز ليمتد» في عملية حفر تجريبية في تريتولينغ Tritteling (موزيل، فرنسا)، بغية الاستغلال التجاري المتوقع في أفق ٢٠١٦.

شيء من هذا القبيل سيحدث في فرنسا: "العودة بعد التجربة الطويلة إلى مناجم اللورين مطمئنة لأن المياه المجمَّعة محمَّلة بهيدروكسيد الحديد لا غير، وهو مركّب يُعَالج بسهولة". قد تستعمل تلك المياه لأهداف صناعية أو زراعية.

لكن كريستوف ديدييه يحذر: "ينبغي أن نفكر في التداعيات، على السطح، بالنسبة إلى تخزين تلك النفايات السائلة ونقلها لأن كمياتها ضخمة. يتعيّن على الشركات أن تفرّغ المياه الجوفية المجاورة لطبقات الفحم".

## نحو غاز "صُنع في فرنسا"

هل ستساهم تلك المتطلبات في كسب تأييد السكان؟ هذا ليس مستحيلاً. بخلاف الغاز الصخري، في الأقاليم الريفية بجنوب فرنسا، على أطراف حديقة سيفين Cévennes الوطنية، تهتم المناطق التي يعتبر فيها استغلال باطن الأرض مألوفًا بغاز المناجم.

من ناحية أخرى، يلاحظ رولان فيالي Roland Vially أن: "تلك المناطق الصناعية تملك شبكة واسعة من خطوط أنابيب الغاز".

«غاز صُنع في فرنسا» وبسعر معتدل، ذلك ما تطمح إليه الصناعات الثقيلة المحلية... دون أن ننسى بأن تلك المناطق ستعيد الصلة بماض مجيد، وبإمكانها أن تصبح مجددا حقلاً للوظائف.

وهكذا تبدو العودة إلى المنجم مظفرة. لكن، وكالمعتاد، ينبغي أن تواجه تلك الاعتبارات النظرية الواقع الجيولوجي القاسي. سيتطلب استغلال حقل نور با دو كاليه المتميز بطبقات الفحم الرقيقة (سماكة أقل من مترين) والذي يثير صرخات الاستهجان، دقة كبيرة.

وبشكل عام، يلاحظ كريم بن سليمان أنه: "يبدو بأن إنتاج الغاز يختلف كثيرًا من طبقة فحم إلى أخرى، بحسب شهادات عمال المناجم".

إنها شكوك ينوي المستكشف جوليان مولان التخلص منها: "نجري في تريتيلينغ بموزيل، اختبارات واعدة على عملية حفر تجريبية مجهزة بأربعة مصارف تخترق أفقيًا طبقات الفحم. نتوقع أن يبدأ الإنتاج التجاري في غضون العام ٢٠١٦".

يختم رولان فيالي قائلاً: "لا يقضي الهدف أن نصبح «قَطَر» ثانية. لكن إن تمكنت تلك الشركة وغيرها من تأمين على مدى عشر سنوات ١٥٪ من حاجات فرنسا من الغاز، فربما نكون قد سجلنا تقدمًا". وستكون تلك هي المرة الأولى التي نسجل فيها فوزا جميلا في موضوع غاز المناجم.



**للاستزادة**
للقراءة: تقريران مفصلان يتناولان موضوع استغلال غاز المناجم في فرنسا، الرابط المباشر على
science-et-vie.com

(1) LA FRANCE RICHE EN GAZ DE CHARBON: LA GRANDE RÉHABILITATION DU GRISOU, Science & Vie 1166, P 98-103
(2) Vincent Nouyrigat

# قوة البيئة المذهلة

## في مواجهة الاعتداءات البشريّة[1]

ماذا لو كان الأجدر بنا ألا «نحافظ» على البيئة؟ ماذا لو كانت محاولة «حمايتها» يؤذيها في نهاية المطاف؟ بكلمة وجيزة: ماذا لو لم يكن وضع البيئة سيئًا بقدر ما يقال ويتردد؟ إن صح ذلك فليس بفعل تراجع الأضرار الناتجة عن التلوث، أو تراجع المساس بالمساحات الخضراء، أو تراجع الاحتباس الحراري، بل لأن الأنظمة البيئية تمتلك موارد غير متوقعة تسمح لها بإعادة تشكيل نفسها. وفي مواجهة الأضرار التي يتسبب فيها الإنسان، تصمد تلك الموارد وتعود وتكتشف ذاتها من جديد... حتى أنها تفعم بالحيوية! مما يستوجب إعادة النظر في كل الإستراتيجية البيئية... من أجل الحفاظ على البيئة.

بقلم: كورالين لوازو مع فيورينزا غراتشي وفينسانت نويريغات وألكسندرا بيهن[2]

الرسوم التوضيحية: يانيك مونجي[3]



YANNICK MONGET

## مبادئ حماية البيئة الأوليّة

نشر الاتحاد الدولي للحفاظ على البيئة IUCN الذي تأسس في العام ١٩٤٨، شبكة تضم نحو ١٢٠٠ منظمة عبر ١٤٠ بلدًا إضافة إلى أكثر من ١٠ آلاف عالم ومتطوّع لقياس تأثير النشاطات البشرية على البيئة. تحصي «اللائحة الحمراء للأنواع المهدّدة» ٢٢١٠٣ نوعًا من بين الأنواع الـ ٧٣٦٨٦ التي تمت دراستها. لكن منذ العام ٢٠١٣، وضعت أيضًا لائحة بالأنظمة البيئية المهددة. أدركت المنظمة أن الخلل الذي يسببه الإنسان ينبغي أن يقاس ويعالج على مستوى أكثر شمولية. وهذا ما أدركه علماء البيئة للتوّ.

## الأضرار الست التي فرضها الإنسان على البيئة

منذ الثورة الصناعية، تخضع الأنظمة البيئية لضغوطات من مصادر ومدى غير مسبوقين في التاريخ. أضرار بطيئة، متكررة ومتعددة المصادر بفعل الإنسان تؤثر في توازن الأنظمة البيئية.

**الاحتباس الحراري**
ارتفعت حرارة الأرض المتوسطة ٠,٩ درجة مئوية منذ ١٩٠٠.

**النفايات**
٣,٥ مليون طن من النفايات الصلبة تنتج كل يوم في العالم.

**التلوث**
٨٠٪ من المياه الملوثة تطرح من دون معالجة في البلدان النامية.

نشرت الدراسة منذ ٣ أشهر في مجلة «العلوم» Science. إنها مبنية على تحليل رياضي لمجموعة من سلاسل زمنية تفوق المائة سنة وتقوم على ٣٥٦١٣ نوعًا من النباتات والحيوانات.

تكشف تلك الدراسة أن عدد الأنواع في معظم مناطق العالم، بقي ثابتًا أو ارتفع خلال العقود الأخيرة!

هل تفاجأتم؟ ألا تتعارض تلك النتيجة مع التحذيرات العلمية والإعلامية المتواصلة عن انقراض أنواع كثيرة؟

إن كانت تلك الدراسة تتعارض مع الشعور العام، فهذا أولاً لأنها تعبّر عن تغيير عميق في العلاقة التي تربط العلوم بالبيئة، التي بدأت منذ نحو عشر سنوات على يد مجموعة (تزداد عددًا) من الاختصاصيين في الأنظمة البيئية. والجدير بالذكر -بحسب ما تقوله ماريا دورنيلاس Maria Dornelas، عالمة البيئة في جامعة سانت أندروز Saint-Andrews (اسكتلندا) في المملكة المتحدة، المشرفة على الدراسة- أن: "تلك النتائج لا تتعارض مع التهديد بانقراض شامل، الذي تشهد به قرائن عديدة. قضت غايتنا بدراسة كيفية تغيّر تكوين الأنواع المنتشرة في أنحاء الأرض خلال القرن الأخير. ونحن أول من استبان تغييرًا ثابتًا: في الوقت نفسه الذي نرى فيه أنواعًا تختفي، تصبح غيرها غازية أو تغيّر موطنها كردة فعل على الاحتباس الحراري".

وهكذا لا تعارضَ بين انخفاض التنوع الإحيائي الشامل وبين ارتفاعه المحلي: نعم، فإن عدد الأنواع يتراجع في العالم، لكن الاختلاط كان كثيرًا إلى حد أن الأنواع التي بقيت قد انتشرت في أماكن أكثر. ومن ثمّ أبرزت تلك الدراسة ميزة أساسية لم يعرها المعنيون حقها في مجال الأنظمة البيئية. تضيف ماريا دورنيلاس قائلة: "ليس علينا أن نحصر كلامنا في تراجع التنوّع الإحيائي، بل يتعيّن علينا أن نتكلم أيضًا عن تغيّره".

### تغيّر في الأفق

لقد قام علم البيئة، وهو علم التفاعلات بين الكائنات الحية ووسطها منذ زمن طويل على زخم الحفاظ عليها -تسمى المنظمة الدولية الأساسية للحفاظ على البيئة «الاتحاد الدولي للحفاظ على البيئة»؟- إلى حد أن المصير الوحيد الذي نتخيَّله لتلك البيئة هو أن تبقى كما هي أو تضمحلّ.

لكن الأنظمة البيئية تحتفظ لنفسها ببدائل أخرى: فهي تتغيّر باستمرار وتتحوّل. وفي هذا السياق، يرى جورج سوجيهارا George Sugihara الاختصاصي في علم بيئة المحيطات بجامعة سان دييغو San Diego (كاليفورنيا) أن: "الفكرة القائلة بأن البيئة لا تزال تعيش توازنًا ثابتًا



**أنواع غازية**
**١٢١٢٢ نوعًا أتى من أماكن أخرى بحرًا أو جوًا تم جردها في أوروبا.**

**الاستغلال المفرط**
**٢٩٪ من مخزون الأسماك يتم استغلاله بشكل مفرط.**

**التحضر**
**كل سنة في أوروبا، يختفي ألف كلم مربع من المساحات الطبيعية.**

ليست سوى رغبة تظهر بمظهر الورع". هذا أشبه بالمقولة البديهية «الحياة تعيش». لكن هذا التغيّر في التوجه المستقبلي يذهب إلى أبعد من ذلك بكثير. في مواجهة الأضرار الكثيرة التي تضرّ بالبيئة من جراء الإنسان (راجع أعلاه)، يصل بنا الأمر حتى إلى التشكيك في استراتيجيات الحفاظ المعتمدة اليوم.

هذه الحالة تنطبق مثلاً على الأنواع الغازِيَة. وهي تلك الحيوانات أو النباتات التي نقلها الإنسان غالبًا (جوًا أو بحرًا...)، والتي تستوطن مناطق جديدة. كانت النظرة إليها دائمًا نظرة سلبية. ومنذ ثلاث سنوات، عندما خصصت لها مجلتنا صفحتها الأولى، كان السؤال المحوري: كيف نحتمي منها؟

نشير إلى أنه في تلك الفترة أطلقت مجموعة صغيرة من الباحثين البارزين منتدى عنوانه استفزازي هزّ الرأي العام للمرة الأولى: "لا تحكموا على نوعٍ من أنواع الأحياء بناءً على أصله!"

أما اليوم، فتتطوَّر العقليات المبنية على دراسات تتزايد دقةً وسرعةً حول السؤال المحوري المتعلق بالأنواع الغازِية، ألا وهو: هل من الضروري أن نحتمي منها؟

جاك تاسان Jacques Tassin عالم أحياء في مركز التعاون الدولي للأبحاث الزراعية للتنمية (Cirad) بفرنسا، وهو مؤلف كتاب «الغزو الكبير» (La grande invasion) الذي يردّ فيه على الأحكام المسبقة حول تلك الأنواع الدخيلة. يقول هذا الباحث: "أحيانًا، عندما يستقر نوع نعتبِرُه غَازِيًا في أماكن جديدة، يساعد ذلك على حفظه. وهكذا فنوع الإغوانا العادية المهددة بالانقراض في موطنها الأصلي في غيانا Guyana، تدبّر أمورها جيدًا في جزر الهند الغربية التي تم إدخالها إليها والتي تعتبر فيها غازِية".

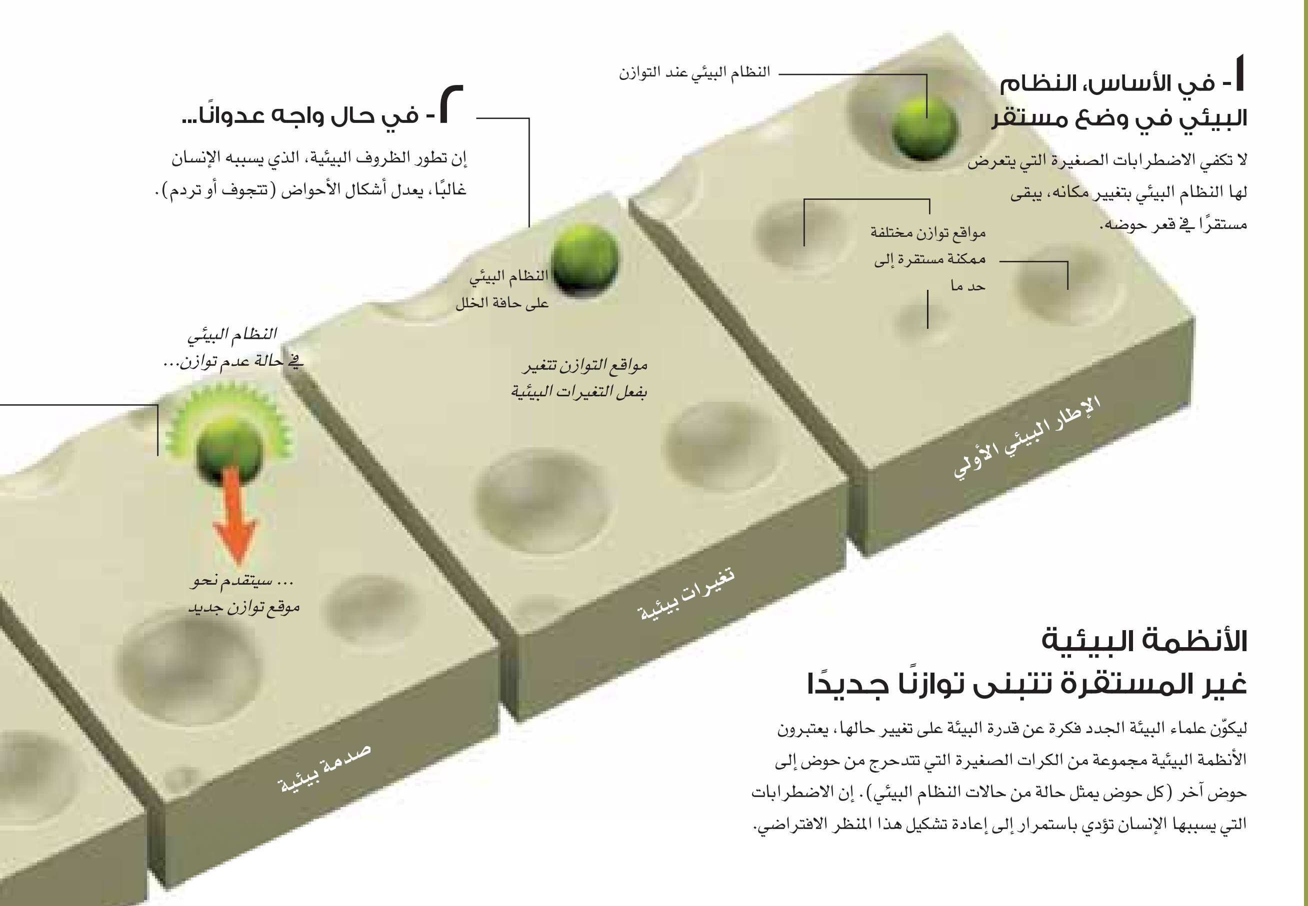
## أنظمة بيئية ديناميكية

والأغرب من ذلك: قد تنقذ أحيانًا الأنواعُ الغازيةُ الأنواعَ الأصلية. مثال: استمدت ثلاثة أنواع من طيور جزر رودريغيز موردًا غذائيًا غير متوقع من أصناف جديدة من الأشجار، زرعها الإنسان في الثمانينيات الميلادية من القرن الماضي لمكافحة انجراف التربة، وهذا «من دون تدخل برنامج للمحافظة عليها»، بحسب ما قاله جاك تاسان. إنه مثال يوضح إلى أي مدى تكون البيئة (رغم انتهازيتها الكبيرة) غير محافظة بالشكل الذي نتصوره.

فماذا لو كانت القوة الحقيقية للأنظمة البيئية لا تكمن في قدرتها على الصمود أمام التغيير بل في قدرتها على إصلاح الخلل وعودة الاتزان البيئي؟ وماذا لو كان سبب طول عمرها يكمن في التقلبات وليس في الحفاظ على الوضع الراهن؟

ذلك المنظور البيئي الجديد هو الذي يفرض ←

M.NELSON/CORBIS - J.WALKER/SPL/COSMOS - R.BROOK/SPL/COSMOS - L.GRANDGUILLOT/REA - P.GLEIZES/REA - B.ARBESU/PICTURETANK




## الأنظمة البيئية غير المستقرة تتبنى توازنًا جديدًا

ليكوّن علماء البيئة الجدد فكرة عن قدرة البيئة على تغيير حالها، يعتبرون الأنظمة البيئية مجموعة من الكرات الصغيرة التي تتدحرج من حوض إلى حوض آخر (كل حوض يمثل حالة من حالات النظام البيئي). إن الاضطرابات التي يسببها الإنسان تؤدي باستمرار إلى إعادة تشكيل هذا المنظر الافتراضي.

← نفسه اليوم لدى الاختصاصيين.

إنه منظور انطلق من أعمال عالم البيئة الأمريكي باز هولينغ Buzz Holling الرائدة حول «مرونة» الأنظمة البيئية.

اُعتُبر المفهوم حتى ذلك الوقت كقدرة نظام بيئي على مقاومة اضطراب معين للعودة إلى التوازن الأولي. يحدده باز هولينغ بالأحرى مثل قدرته على الحفاظ على وظائفه الأساسية رغمًا عن الصدمات، إلى حد تغيير الشكل.

أما لانس غاندرسون Lance Gunderson الذي كان أحد معاوني رائد مفهوم مرونة الأنظمة البيئية فيفسر الوضع قائلاً: "وصل باز هولينغ في العام ١٩٧٣ حاملاً معه هذا الاقتراح غير المسبوق القائل بأن نظامًا بيئيًا واحدًا قد يتواجد بأشكال عدة، ويمكنه أن يبقى موحدًا فيما يتبنى حالات مختلفة".

لكي نتخيّل تلك الحالات الثابتة والبديلة، من الأفضل أن نتخيّل كرة صغيرة في قعر حوض ترمز إلى الحالة التي هو فيها. وحتى ينتقل النظام من حوض إلى الحوض المجاور (وهو ما يرمز إلى حالة أخرى) عليه أن يعبر المرتفع بين الحوضين. ويحصل هذا عندما يكون الاضطراب قويًا بما يكفي أو عندما يعود هذا المنظر ويتشكل بفعل الاضطرابات التي يسببها الإنسان (راجع الرسم في الأعلى).

### علم بيئة جديد ٢،٠

يوضح فرانسوا بوسكي François Bousquet، وهو باحث في مركز التعاون الدولي للأبحاث الزراعية للتنمية (Cirad) قائلاً: "المثال النموذجي هو تلوث نظام بيئي بالفوسفور كما هو حال بحيرة، صافية المياه، وكثيرة الأسماك والقليلة الطحالب. حالما تصبح الرواسب عاجزة عن امتصاص الفوسفور، تتشبع المياه بهذا العنصر الكيميائي، مما يفيد الطحالب ويؤذي الأسماك". وقعت الكرة الصغيرة في حوض جديد: "أصبحت البحيرة نظامًا بيئيًا مياهه عكرة، مع الكثير من الطحالب والقليل من الأسماك. تعتبر هذه الحالة ثابتة أكثر من الحالة التي سبقتها، ومن الصعب إعادة البحيرة إلى حالتها الأولى مجددًا".

بطبيعة الحال، فالمشكلة تكمن في كون البيئة لا تأبه بالتغيير، أما الإنسان فلا. إن بحيرة من الماء العكر المليئة بالطحالب ستجذب بدون شك عددًا أقل من الزوار...

كيف نعزز الأنظمة البيئية لتكون في الحالة المنشودة؟ كيف نتوقع مسبقًا الاضطرابات التي نفرضها عليها؟ أَمِن الممكن أن نبدّل حالة بعض الأنظمة البيئية ونجعلها أقرب مما نتمنى أن تكون؟ هذا التصور الحركي الجديد للأنظمة البيئية -التي أصبحت «أنظمة معقدة قابلة للتأقلم»- يَعدُ بثورة في مجال السياسات البيئية.

في المختبرات، نجد اختصاصيو علم البيئة ٢،٠ على قدم وساق، بحثًا عن تطور الأنظمة البيئية، ولم يعد المطلوب هو تطور الأنواع (انظر العنوان "التحديات البيئية الجديدة" صفحة ٧٦). وفي هذا السياق أقيم مؤتمر عن الموضوع بمدينة مونبولييه (فرنسا) خلال شهر مايو

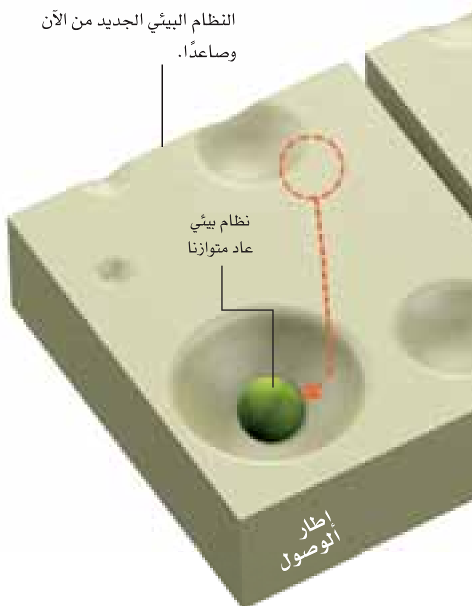
G.CIRADE - DR

## ٣- ...يتزعزع...

حتى لو كان خفيفًا، تكفي صدمة بيئية جديدة إذًا لطرد الكرة الصغيرة من حفرتها: يغير النظام البيئي حاله.

## ٤- ...وينتقل نحو حالة مستقرة جديدة

بعد أن تتدحرج، تتوقف الكرة الصغيرة في حوض جديد: إنه حال النظام البيئي الجديد من الآن وصاعدًا.




٢٠١٤ جمع أكثر من ٩٠٠ عالم.

لكن الطريقة الأفضل لفهم هذا الانقلاب النموذجي يقضي بالنزول إلى الميدان لمشاهدة التغيرات المذهلة التي حلت بالبيئة في مواجهة الاضطرابات الناجمة عن نشاط الإنسان (راجع الصفحات التالية).

تخبئ تلك الدينامية غير المتحكم فيها الكثير من المفاجآت. ولعل أفضل مثال توضيحي هو حالة المناطق المحاذية للأنهار والبرك التي ينتشر فيها القصب. يفصّل رافاييل ماتيفي Raphael Mathevet العامل بمركز علم البيئة الوظيفي والقابل للتطوير التابع للمركز القومي للأبحاث العلمية CNRS (فرنسا) قائلاً: "تشهد مساحات المياه تلك التي تعجّ بالقصب ←




## *استعملتُ كلمةَ مرونة لتمثيل هذا النوع الآخر من التوازن*

### عالم بيئة، واضع مفهوم المرونة البيئية(*)

في العام ١٩٧٣، دُعيت لأكتب مقالاً في المجلة السنوية المسماة Annual Review of Ecology and Systematics. في تلك الفترة، كان علم البيئة يركز على التوازن الفريد وعلى الاستقرار الشامل. (...) على النقيض من ذلك، يفتح وجود حالات «متعددة الاستقرار» طريقا آخر مختلفا تماما. ومن ثمّ يصبح التقلب القوي (وليس التقلب الضعيف) ميزة ضرورية للحفاظ على وجود الأنظمة البيئية (...). استعملت كلمة مرونة لتمثيل هذا النوع الآخر من الاستقرار. علينا أن نركز انتباهنا على قابلية التغير بدل الثبات... ونركّز ليس على المعطيات سهلة التجميع والتحليل بل على تلك المعطيات غير المألوفة والتي تصعب معالجتها من الناحية الإحصائية. يتطلب ذلك نظرة مختلفة للمراقبة، ونظرية مختلفة لإدراك النتائج. (...) تطلّب تسليط الضوء على النتائج النظرية والعملية العثور ضمن الأبحاث المكتوبة على معطيات نادرة أخذت من الأرض تُظهر حركات سريعة للجماعات القاطنة تجعلها تقفز من حالة إلى حالة أخرى. كما تطلب وصف الوضعيات غير المستقرة في العمليات التي تسببت في تلك الظاهرة أو كبحت مسيرتها.

استدعى ذلك عملاً شاقًا، وأتذكر الأيام التي كنت أعتقد فيها أن كل هذا العذاب مجرد أوهام، وأتذكر أيضا تلك الأيام الأخرى التي كنت أرى فيها أن الأمر يتعلق بحقيقة ساطعة. أنهيتُ المقالة في أحد الأيام «الجميلة»، حيث بدا لي كل شيء واضحًا. (...) كان إثبات العملية السببية مثاليًا، مع أن الإثباتات على الأرض المتعلقة بالتقلبات السكانية كانت ذات طابع إيحائي، ليس إلا. لكن الانعكاسات المتعلقة بالنظرية والتسيير كانت ثقيلة، إذ أن الشكوك كانت أمرًا محتومًا وأن الأنظمة البيئية -على مقياس فترة التطور الزمنية- كانت أنظمة انتقالية تتجه إلى حالات مختلفة. لقد تطلب هذا الأمر من بعض الباحثين ثلاثين سنة لإثبات تلك الاستنتاجات.

(*) هذا النص مقتطف من كتاب «أسس المرونة البيئية»:

**Foundations of ecological Resilience. L.H. Gunderson. C. Allen. & C.S. Holling ed. November 2009.**

← الكثير من النشاطات البشرية: صيد، وصيد أسماك، ومراع، واستغلال القصب، وأيضًا موضع تعشيش مفضل لبعض الطيور النادرة أو المهددة بالانقراض، مثل الواق. إن قررنا حماية تلك الطيور، فالخطوة الجذرية والفطرية ستقضي بمنع كل نشاط بشري في ذاك المكان. تكمن المشكلة في أن القصب هو نظام بيئي ديناميكي يميل إلى التطور نحو حالة أخرى! فهو ينمو في غياب الاستغلال وتراكم المادة العضوية. ولذا يمكن أن يتحول النظام البيئي إلى مستنقع، ويصبح غير مناسب للطيور التي كنا نريد الحفاظ عليها على وجه التحديد..."

## ظهور الأنظمة البيئية الاجتماعية

بعبارة أخرى، فإن النشاط البشري هو الذي يحافظ على مناطق القصب. هذه المناطق ليس بالأحرى أنظمة بيئية، بل هي ما يطلق عليها علماء البيئة الجدد اسم «النظام البيئي الاجتماعي». هذا الأمر يدعونا إلى التفكير فيما هو طبيعي وفيما هو ليس كذلك...

يتوقع شونيل بهاغوات Shonil Bhagwat العامل بمختبر علم البيئة الطويلة المدى في جامعة أكسفورد (إنجلترا) قائلاً: "مع البصمة البشرية المتزايدة على الأرض، نجد عديد «الأنظمة البيئية الجديدة» ذات المرونة المذهلة تعلمت العيش في ظل الاضطرابات. إنها ستقدم مجموعة من الأنواع التي لم يسبق لنا أن رأيناها من ذي قبل، وستستمر في سبر مفهومنا حول كل ما هو طبيعي".

اعتبر اختصاصيو هذا العلم البيئي الديناميكي أنه يَعِد بتحالف جديد، ولم يعتبروه أبدا ذا طابع تدميري. يقول فرانسوا بوسكي الباحث في مركز التعاون الدولي للأبحاث الزراعية للتنمية (Cirad): "الإنسان والبيئة ليسا منفصلين، لديهما مسار مشترك، يتعرضان معًا للصدمات. إن الرؤية من زاوية «الإنسان المناهض للبيئة» تُعتبر اليوم نظرة أقلية في الوسط العلمي".

يقوم هذا التحالف على رؤية جديدة تقول: يكمن مفتاح المحافظة على البيئة في الإمكانية المذهلة على إعادة إصلاح أي خلل في الإتزان البيئي والتعافي منه أكثر من قدرتنا على المحافظة على البيئة. إليكم دليل على ذلك من خلال ستة أمثلة.



**حرارة التندرا** تزيد ٠,٥ درجة مئوية في العقد منذ السبعينيات الميلادية من القرن الماضي، إنه رقم قياسي في العالم.

**الجراثيم**، خلال مواسم الشتاء المعتدلة الحرارة أكثر، تنتج المزيد من المغذيات، التي تبقى عالقة تحت الأرض.

M.KONTENTE

## في مواجهة الاحتباس الحراريّ...

# تتحوّل التّندرا في القطب الشماليّ إلى منظر طبيعيّ أخضر

إنها المنطقة من الأرض التي تشهد أعنف حالات الاحتباس الحراري: منذ السبعينيات الميلادية من القرن الماضي، ارتفعت حرارة ألاسكا القطبية الشمالية ٠,٥ درجة مئوية في العقد، أي خمس مرات أكثر من المعدل العالمي.

هذه الصدمة الحرارية كانت كافية لتدمير التندرا القطبية الشمالية، محوِّلة تلك المساحة الواسعة من الحزاز والعشبيات المنخفضة إلى فوضى عارمة من الأوحال.

إلا أن العلماء شهدوا أمرًا مختلفًا للغاية. يشير جوش شيمل Josh Schimel، وهو اختصاصي في التندرا بجامعة كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية قائلاً: "تظهر صور الأقمار الاصطناعية أن مجمل القطب الشمالي يشهد اخضرارًا. على الأرض، تبرز نباتات خشبية (شجيرات وأشجار)".

ماذا يحصل؟ في الواقع، إن التندرا تتكون مجددًا في نظام بيئي محدد، وهو نوع من الحياة النباتية يُدعى جنيبات.

اكتشف جوش شيمل وخبراء من مختبر أبحاث وهندسة المناطق الباردة (الولايات




المتحدة الأمريكية) محركات ذلك التحول في العام ٢٠٠٥. يتم كل شيء في فصل الشتاء. يخوّل المناخ العذب غير المعتاد (في ظل تأثير الاحتباس الحراري) الميكروبات القابعة في الطبقات السطحية من الأرض المحافظة على نشاط أطول خلال الموسم، فتنتج مغذيات تبقى محصورة تحت الأرض. وهكذا تنشأ دورة حلزونية في الشبكة البيئية.

في موسم الصيف التالي، تعزز تلك المغذيات نمو الشجيرات، التي تستفيد بدورها من الحرارة الصيفية الأكثر اعتدالاً.

ثم، يبدأ موسم شتاء آخر... تلتقط أغصان الشجيرات النامية رقائق الثلج التي تتطاير هائمة في العاصفة الثلجية، إلى حد أن الغطاء الثلجي يكتسب زيادة تصل إلى ٥٠٪ تحت الشجيرات مقارنة بباقي التندرا.

نشهد ارتفاعًا أعلى من المعتاد في حرارة الأرض لأن سطحها تحفظه تلك الطبقة العازلة. فضلاً عن أن الأوراق الصفراء التي تتساقط من تلك الشجيرات الجديدة في الخريف تساهم في ذلك العزل.

وهكذا، ترتفع حدة النشاط الميكروبي الشتوي، وتحفز تلك الجنبيات مجددًا في الصيف التالي، مؤمنة عزلاً للتربة أفضل خلال الشتاء التالي. وهلّمَ جرًّا.

بفضل التبادلات الدائمة بين الميكروبات في الأرض والشجيرات، يبدو ذلك التوازن مستقرًّا بثبات. يقول جوش شيمل: "لا يزال مدى ذلك التغيير وسرعته مجهولين".

لكن إن استمر ارتفاع الحرارة على هذا الشكل –وهذا ما يبدو أنه سيقع– فمن المحتمل أن يتفوّق هذا المنظر الطبيعي على التندرا.

يختم الباحث الأمريكي كلامه قائلاً: "تلك المساحات في طور التشكل ستأوي في السنوات أو العقود القادمة جماعات جديدة من الحيوانات والنبات. وكما يحدث في كل تحوّل، فسيكون هناك فائزون وخاسرون: برأيي، لن يجد الوعل مكانًا له في القطب الشمالي بعد ذلك، لأن هذا الحيوان يحتاج إلى مساحات واسعة من التندرا ليهاجر وليقتات بالأشنة في الموسم السيئ؛ إلا أن الجنبيات الكثيفة تصعّب التنقلات، وهذا الوسط يفتقر إلى الأشنة. وقد تفوز الأنواع التي اعتادت العيش في الغابة الشمالية مثل الألكة".

في ظل اعتداء الاحتباس الحراري، يمكن للنظام البيئي العودة للاتزان البيئي. **C.L.**

تسبب **الصيد المفرط** بانهيار مفاجئ في جماعة سمك القد في بداية التسعينيات الميلادية من القرن الماضي.

استفادت **العوالق النباتية** لتتكاثر، مؤمنة غذاء حاسمًا لأسماك القد الصغيرة.

**طرائدها**، أسماك العلف واللافقاريات ازدهرت، وساهمت بنفاد العوالق الحيوانية التي تقتات بها.

M.KONTENTE

## في مواجهة الاستغلال المُفْرِط...

# يستردّ سمك القدّ حقوقه في المحيط الأطلسي الشمالي

هل يمكن تصور المحيط خاليًا من الأسماك؟ إنها فكرة مرعبة. خلال العام ١٩٩١، في عرض بحر نوفا سكوشا Nova Scotia (كندا)، لاحظ العلماء انهيار أسراب سمك القُد، وساهمت في انقراضها عقود عديدة من الصيد المفرط.

في تلك السنة، كانت سفن الصيد قد التقطت ١٠٥ آلاف طن من هذه الأسماك، ولم تترك سوى عدد بسيط من الأسماك الناجية التي أصبحت عاجزة عن أداء دورها كأسماك مفترسة تسيطر على النظام البيئي.

في وسط شاسع ومستقر مثل ذلك القسم من المحيط الأطلسي، لم يتوقع الباحثون انقلابًا كبيرًا – بل توقعوا أن الحياة ستستمر من دون سمك القُد فحسب.

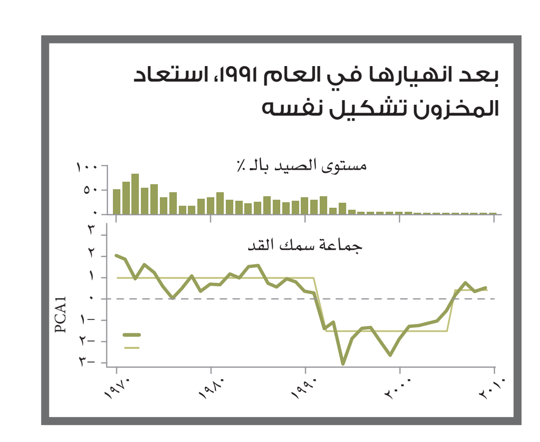
لذلك تفاجأوا عندما لاحظوا أن ذلك النظام البيئي وجد طريقة ليعود ويحيي نفسه... كما كان تقريبًا.

يقول كينيث فرانك Kenneth Frank المنتسب لمعهد بيدفورد لعلوم المحيطات Bedford Institute of Oceanography (كندا): "شهدنا أولاً انقلابا كاملا للوضع. أصبحت الأسماك المفترسة طرائد وصارت الطرائد أسماكا مفترسة".

ابتداءً من العام ١٩٩٢، اضطربت السلسلة الغذائية. تحولت أسماك العلف الصغيرة (الرنكة، الجريث...) ومعها اللافقاريات (القريدس الشمالي، سلطعون الثلج) إلى مفترسة فيما كانت حتى ذلك الوقت تشكل طريدة لسمك القُد. وأصبحت تلتهم صغار القُد التي لا زالت تتجرأ على التفقيس!

بدا الوضع بأنه قُضِي على سمك القُد بصفة نهائية، رغمًا عن قرار بمنع الصيد صدر في العام ١٩٩٣. في الوقت نفسه، تضاعفت كتلة اللافقاريات الحيوية. أما كتلة أسماك العلف فتضاعفت تسع مرات... وهكذا برز نظام بيئي جديد كليًا.

لكن على مدى السنوات، ظهر أن هذا التوازن غير ثابت: ازداد عدد أسماك الرنكة بكثرة فقضت على مخزون العوالق الحيوانية، فترتبت عن ذلك مجاعة فتكت بجزء من أسراب الرنكة؛ في المقابل، تضاعف عدد العوالق النباتية ست مرات أكثر بعد أن استفادت تلك العوالق من




**بعد انهيارها في العام ١٩٩١، استعاد المخزون تشكيل نفسه**



تراجع عدد العوالق الحيوانية.

تلك أحداث كثيرة ساهمت في عودة سمك القُد. ذلك أن صغاره تقتات بالعوالق النباتية، فيما نجد سمك الرنكة أقل عددًا وتهديدًا.

لقد تضاعفت معدلات بقائها ٧٠ مرة.

وهكذا، ابتداءً من العام ٢٠٠٥، عادت وتشكلت جماعات القُد، واستعادت دورها كأسماك مفترسة.

يتحمّس كينيث فرانك قائلاً: "نشاهد أسرابا كبيرة من الأسماك أمام شواطئ سان بيار وميكولون Saint- Pierre-et-Miquelon، تبدو أنها بصحة جيدة وقد استعادت هجرتها الطبيعية".

ها قد عادت السلسلة الغذائية إلى طبيعتها المنتظمة! يوضح الباحث فرانك قائلاً: "عاد النظام البيئي تقريبًا إلى حالته السابقة، حتى لو أن سمك الحَدوق Haddock اتخذ فيه دورًا أهم".

يبقى أن نعرف إن كان ذلك الانعكاس المذهل في الوضع ينطبق على غيره من الأنظمة البيئية التي تعاني المتاعب: فسواء كنا في البحر الأسود، أو في بحر اليابان، أو أمام شواطئ ناميبيا، فما زلنا ننتظر عودة سمك القُد بقوة. **F.G.**

## في مواجهة التلوّث الكيميائي...

# تعود الحياة إلى قسم من قناة «الدول» Deûle (فرنسا)

هذا نظام بيئي تصورنا أنه حكم عليه بالعقم. في منطقة نور با دوكاليه Nord- Pas-de-Calais الفرنسية، غابت الحياة عن قناة «دول» Deûle منذ أكثر من قرن. ضاقت رواسبها في الواقع بالمواد الكيميائية والمعادن الثقيلة منذ القرن التاسع عشر الميلادي.

ومع ذلك، يقدم قسم يبلغ طوله نحو ألف متر منذ عشر سنوات تقريبًا كتلة إحيائية وتنوعًا استثنائيين! يتعجب فلوران لاميو Florent Lamiot، وهو عالم بيئة في منطقة نور با دوكاليه، قائلاً: "الصندر، الزنجور، الشبوط، الأبرميس، البرعان، الفرخ... أسماك المياه العذبة هذه كلها تعود وتستوطن المياه الملوثة".

كيف تحوّل هذا القسم من القناة إلى حوض أسماك عملاق؟ يرد عالم البيئة قائلاً: "بفضل توفر الماء الذي يضخ من طبقات مدينة ليل Lille المائية، ثم بفضل الدور الحاسم لنوع أجنبي، وهو بلح البحر المخطط، الذي يصفي الجسيمات المعلقة، ويخزن الرصاص والكوبالت في قوقعته".

نقطة رئيسة أخرى في النظام البيئي الجديد هذا: لقد استقر إسفنج المياه العذبة فيه منذ ست سنوات تقريبًا، وهو كان من النوع المألوف في البلدان الاسكندنافية. يصفي هذا الإسفنج الماء، ويشارك أسلوب حياته (بتناغم تام مع الطحالب الخضراء المصغرة التي تمده بالأكسجين) مما يسمح بزيادة الأكسجين في المنطقة. وبالتالي يسهم في تنمية النباتات المائية، والحلزونات، والمحار.

هل سيكون هذا النظام البيئي الجديد مستقرًا؟ يقرّ فلوران لاميو Florent Lamiot قائلاً: "إنه السؤال الكبير. ينبغي أن يكون قويًا بما يكفي ليصمد من دون توفير ماء وفي حال صعدت المعادن الثقيلة المحتجزة في الرواسب إلى السطح". إلا أن المشاهدة الأخيرة لإسفنج المياه العذبة في قناة روبي Roubaix تعتبر مؤشرا إيجابيا: "فهذا يعطي الأمل في بداية ظهور مستعمرة انطلاقا من تلك المحمية الصغيرة الطبيعية". **A.P.**

**انخفض التلوث بالفوسفور**

تركيز الفوسفور ملجم/ل: ٣، ٢,٥، ٢، ١,٥، ١، ٠,٥، ٠

١٩٩٥، ٢٠٠٠، ٢٠٠٥، ٢٠١٠



**بلح البحر المخطط، إسفنج المياه العذبة** والماء الآتي من الطبقات أعادت إشباع القناة بالأكسجين.




## في مواجهة التمدد العمراني...

# الحياة البرية تُغيِّر طبيعَتها

المدينة منتوج من الإنسان وإليه. وهي بيئة معظمها اسمنتي، جافة، ومداسة، وملوثة. إنه وسط يصعب أن نتصوّر فيه نمو أي نوع نموًا آمنًا.

ومع ذلك؛ فمنذ بضع سنوات، لاحظ العلماء القدرة على التأقلم التدريجي لبعض الأنواع المذهلة مع عالم الحياة الجديد هذا - منها خاصة الأنواع الانتهازية المتسمة بديناميكية استعمارية سريعة.

مثال ذلك، الغربان. غابت من المدن حتى بداية التسعينيات الميلادية من القرن الماضي، وها هي تغزوها بكثرة، إلى حد أنها تسببت في مشكلة: في باريس، تخرّب مستوعبات النفايات وتزعج المتنزهين. أما غيرها من الطيور الكثيرة فجذبها هي الأخرى القوت السهل فتكيّفت مع المدينة: عصافير الدوري، الزرزور، العقعق، دج الغيط، اليمامات ذات الطوّق...

ولا تشكل الثدييات أي استثناء، فمن الغرير إلى فأر المسك مرورًا بالسناجب وحتى الثعالب الحمراء.

هذا الصيف، أظهرت لورا فورتل Laura Fortel المنتسبة للمعهد الوطني للأبحاث الزراعية (فرنسا) أن المناطق الحضرية وشبه الحضرية في مدنية ليون Lyon (فرنسا) أصبحت تضم نحو ثلث أنواع النحل الفرنسي.

كما أن الوضع الخاص بالنباتات مذهل بالقدر نفسه.

لقد أحصى خبراء علم البيئة المدنية حاليًا أكثر من ألف نوع من النباتات البرية في باريس (السنفيتون، الجرير، السحلية، الهندباء والقراص...)

فمما لا شك فيه أن حياة جديدة بدأت تنمو، بمرور الزمن، حول الإسمنت.

يرى عالم الطيور برنارد كاديو Bernard Cadiou أن للنورس بضعة عقود ليشكل نوعًا حضريًا كاملاً: "فيما أن المستعمرات الطبيعية تفقد نصف أعضائها كل عشر سنوات منذ العام ١٩٩٠، تستمر جماعة النورس في التزايد داخل المدن، مبتعدة أكثر فأكثر عن السواحل. في باريس، يعيش النورس في أرخبيل حضري حيث تشكل كل مجموعة من المنازل واحة تزدهر فيها الحياة.

في المدينة كل شيء أفضل: سلل المهملات، النفايات المنزلية أو حتى دودة نلتقي بها صدفة في مفترقات الطرق، أو الحدائق العامة... فقد أمّنا لها الملجأ والقوت".

وهكذا استقرت الجماعات الحيوانية والنباتية بشكل مستدام في المدينة. والأدهى من ذلك، أنها تنشر فيها استراتيجيات تنظيم جديدة. يشير رومان جوليارد Romain Julliard، وهو عالم حفظ الأحياء في المتحف الوطني للتاريخ الطبيعي (MNHN) بفرنسا، قائلاً: "إن لدونة الأنواع الحيوانية تسمح لها بالاستفادة من الموارد الحاضرة". الأمر يتعلق هنا بلدونة تدفع الحياة البرية إلى تغيير أساليب حياتها. مثلاً، لا ضرورة لبناء عش بعد الآن؛ فمن الأماكن المثالية لعدد من الحيوانات نجد ماكينات المصاعد، والمنافذ الهوائية وسطوح المنازل.

يقول الباحث جوليارد واصفًا هذا الوضع: "البطة، التي تعشش عادة على الأرض في الريف، تستقر في المرتفعات داخل المدينة".

M.KONTENTE




## حالة نموذجية: ارتفاع تنوع النحل الإحيائي في المناطق شبه الحضرية بقوة

عدد الأنواع

٧٠
٦٠
٥٠
٤٠
٣٠

٢٠١١
٢٠١٢

الريف
مركز المدينة

٠ ٢٠ ٤٠ ٦٠ ٨٠ ١٠٠

حصة المساحة المدنية بالـ ٪

نلاحظ أن الوصول السهل إلى القوت داخل المدينة، المصحوب بقلة تنوع الحيوانات يحدّ من التفاعلات العدوانية بينها ويحدّ أيضا من عدد الحيوانات المفترسة.

ونتيجة لهذا الوضع السلمي، يزداد عدد بعض الجماعات بسرعة ويطول عمرها: "في المدينة، يعيش الشحرور سنتين أكثر من نظيره الريفي".

إليكم ظاهرة أخرى بارزة: تتحضّر الحيوانات، وتحدّ من هجرتها. يُسهّل المناخ المحلي الحضري -الذي يتميز بدرجة حرارة أعلى قليلا من الريف- العيشَ في فصل الشتاء.

لقد أصبح «الانعزال الحضري» معممًا في المدن. وهكذا مُدّد موسم التكاثر وتعززت الروابط العائلية: "تبدأ فترة تكاثر الشحرور المدني قبل أسبوع إلى أربعة أسابيع من فترة تكاثره في الريف، ويترك آخر مولود العش بعد شهر في الصيف".

يؤكد فيليب كليرجو Philippe Clergeau، وهو عالم بيئة في المتحف الوطني للتاريخ الطبيعي (فرنسا) قائلاً: "تَتَبع الحيوانات التغييرات في المدينة. رأينا صراصير الليل تقتات بالتبغ وبأعقاب السجائر في المترو الباريسي!" فيما لم يعد العوسق (الصقر الجراد) يصطاد بالطريقة نفسها وصار يقتات بعصافير الدوري والحشرات الكبيرة بدلاً من فئران الحقول.

درست ناتالي ماشون Nathalie Machon، عالمة البيئة في المتحف الوطني للتاريخ الطبيعي، الديناميكية نفسها في العالم النباتي الذي -عكس المتوقع- يمكنه التجدد أكثر مما يتكيَّف مع بيئته الجديدة: "كل نشاط بشري الأصل لديه تأثير على تنظيم النباتات. فهو يتبنى تصرّفات محددة لبيئتها الحضرية". في المدينة، أصبحت زهرة الربيع أكثر مقاومة للدوس وستميل الهندباء إلى نشر بذورها في جوارها لتسمح لها بالاستفادة من التربة النادرة التي في متناولها.

يقول رومان جوليارد: "بدأ حاجز ثقافي ينتصب بين الأنواع". ويضيف: "ينبغي مراقبة التطورات على عشرات أو مئات السنين، لكن الظروف اجتمعت لظهور جماعات مدنية مختلفة وراثيًا".

من الواضح إذن أننا نشهد ولادة طبيعة خاصة بالمدينة لم يسبق لها مثيل حتى الآن. **A.P.**




## في مواجهة غزو الأنواع...

# شهدت غابات هاواي نموًّا جديدًا

في الظاهـر، تبـدو عناصـر الدرامـا البيئية مجتمعـة كلها في هـاواي: جزيرة منعزلة وسـط المحيـط الهـادئ، مليئـة بنباتـات محـددة ويتم الحفاظ عليها... إلى أن نَقَل الإنسـان عبر سفنه وعلـى متن طائراتـه مؤخـرًا، أكثر مـن ألف نوع نباتي.

هنـا، أكـثر مـن أي مـكان آخر، كانـت تلك النمـاذج الدخيلة قادرة على القضـاء في طريقها علـى كل نبـات محلـي أصلـي، مما كان سـيؤدي إلى إحـداث خلل في التوازنات المحلية ويسـبب في انهيار كارثي.

كان ذلـك سـيحدث لـولا الميـزات المذهلة للأنظمة البيئية في إعادة إمكانية إصلاح أي خلل في الإتزان البيئي والتعافي منه.

ففي هذا السـياق قـارن الباحثـون في معهد سميثسـونيان تروبيـكال للأبحـاث Smithsonian Tropical Research Institute (القائـم في بنمـا) الغابات النامية في الأراضـي المنخفضـة، المليئة بشـجيرات نموذجية مزهـرة، وهي اللهُوع (Metrosideros polymorpha)، بالغابـات التي تسـيطر عليها بنسبة ٩٠٪ الأنواع التي تم إدخالها (مثل ألبيزيا المَنْجَليـة Albizia falcataria) الآتية من بورنيو وجافا في العام ١٩١٧) وجدوا أن هناك تشابها. لاحظوا أيضًا أن تلك الجماعات النباتية الجديـدة تُؤمّـن كل الوظائـف الجيوكيميائيـة (تخزين الكربـون، دورة المغذيات...) التي نتوقع من الغابة أن تحققها.

والأكـثر مـن ذلـك: ظهـر أن هـذا التحالف المركـب بـين الأنـواع الغازيـة والمحليـة هـو أكثر فعاليـة من غابـات هاواي النموذجيـة من ناحية إنتـاج الكتـل الإحيائية، وتخزيـن الكربون ودورة الفوسفور والنتروجين.

يشـير سـتيفان شـنيتزر Stefan Schnitzer، وهو عالم نبات وأحد المشـرفين على تلك الدراسة قائـلًا: "في بعض الجزر، جلبت أنواع غازية معها وظائـف كانـت تفتقر إليهـا الجماعـات النباتية أوالحيوانيـة المحليـة. من جهة أخـرى، في الكثير من الجزر، تسـمح تلك الأنواع أيضًا بزيادة عدد الأنواع المتوفرة – رغمًا عن انقراض بعض الأنواع المحلية".

منـذ ١٧٠٠ سـنة، ومع وصـول الإنسـان إلى هـاواي، اسـتقرّ فيهـا ١٠٩٠ نوعًـا مـن النباتات أصلـه أجنبي، فيما تمّ تسـجيل انقراض ٧١ نوعًا من النباتات المحلية.

النتيجـة: تُظهر الغابات تنوعًا إحيائيًا مرتين أغنـى ممـا كانت عليـه، وهـي أكـثر إنتاجية... وهذا حتى لو لم تجد بعض الأنواع المسـتوطنة من الطيور والحشرات مكانًا لها فيها.

إن أرخبيـل هـاواي حالة نموذجيـة تثبت أن وصـول الأنواع النباتات الأجنبية قـد تعطي دفعًا جديدًا للأنظمة البيئية. **C.L.**

### ينشط الدخلاء التنوع الإحيائي في الغابات

غابات هجينة
غابات أصلية
عدد الأنواع: ٠، ٥، ١٠، ١٥، ٢٠، ٢٥
عمر الغابة: ٥٠، ٣٠٠، ١١٢٥

M.KONTENTE




## في مواجهة النّفايات...

# نظام بيئي بحري يبرز من البلاستيك

"وحدنا، نحن البشر، نستطيع إنتاج نفايات تعجز البيئة عن تحويلها". هذا ما قاله شارلز مور Charles Moore، البَحّار وعالم المحيطات، عندما اكتشف في العام ١٩٩٧ مساحة عملاقة من البقايا البلاستيكية العائمة في المحيط الهادئ الشمالي. هذه المساحة جزء صغير من المساحة التي نسميها اليوم «القارة السابعة» والتي تعتبر عادة عقيمة. إنها تضم تقريبًا ٢٠٠ ألف قطعة بلاستيكية في الكيلومتر المربع الواحد. هذه النفايات حملتها ٥ دوامات عملاقة في كل من المحيط الهادئ والمحيط الأطلسي والمحيط الهندي.

عقيمة، حقًا؟ في العام ٢٠١٣، كشفت التحاليل التي أجريت في معهد علوم المحيطات في وودز هول Woods Hole (الولايات المتحدة الأمريكية) عن حياة وفيرة على سطحها! كل جزء من تلك الأجزاء التائهة في المحيط استعمرتها في الواقع أعداد لا تحصى من الكائنات الحيّة: بكتيريا، طحالب سمراء أحادية الخلية...

وهكذا ولد «حقل البلاستيك» -وهو نظام بيئي مدهش- ضد البيئة نسبيًا في قلب المحيطات. وكأن البيئة تحبط كل التوقعات.

توضح ترايسي مينسر Tracy Mincer، وهي عالمة في الكيمياء الحيوية بوودز هول قائلة: "يمثل تنوّع البكتيريا التي وجدت على البلاستيك دورة حياة فعلية: مجموعة كاملة من النباتات أحادية الخلية، وميكروبات مفترسة، وميكروبات تعيش في تناغم تام في ما بينها ومع نظيراتها غير العضوية".

إن الجماعة الجديدة، التي يتعدى طول عمرها طول عمر معظم الحطام الطبيعي، لها في الواقع ميزات خاصة بها: نجد فيها بكتيريا لا أثر لها في ماء البحر! إن سطح البلاستيك يكره الماء، مما يولّد غشاء حيويا رقيقا يكون مصدرا للبكتيريا المتسمة بميزات محددة.

مع نمو البكتيريا السريع على «حقل البلاستيك»، أصبح هذا الحقل قادرًا على تعديل التوازن في طبقات المحيط السطحية.

وأكثر من ذلك، أشار إريك زيتلر Erik Zettler، المشرف الرئيس على الدراسة إلى وجود بكتيريا قادرة على القضاء على الهيدروكربونات... بالتالي البلاستيك: "أظهرت مشاهدات بواسطة المجهر الإلكتروني خلايا ميكروبية داخل ثقوب على سطح البلاستيك".

على أي حال، فقد برهن «حقل البلاستيك»، وهو مشكلة بيئية كبيرة، مرة أخرى، على أن الأنظمة البيئية يحدث لها تعافي وإعادة استقرار فيما يتعلق بالتوازن البيئي.

**A.P.**

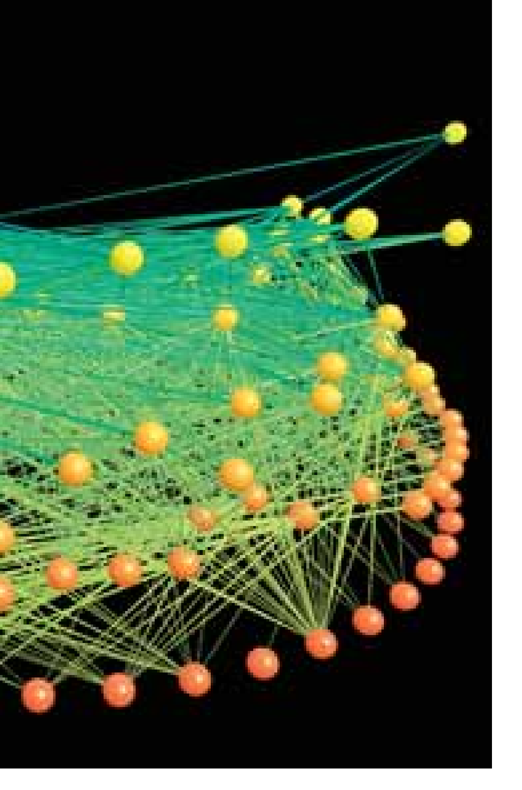
**نشأت شبكة من التفاعلات غير المسبوقة، ينميها فاعلون جدد**

ميكروبات كلاسيكية

ميكروبات غائبة عادة من البحار

# التحديات البيئية الجديدة

تتسم الأنظمة البيئية بالمرونة، وبكونها متغيرة غير ساكنة. وهذا ما يدعونا لوضع قواعد خاصة بالبيئة الجديدة لا نكون مضطرين للحفاظ عليها بتكاليف باهظة من أجل وقاية البيئة.



حبُّ البيئة، المتعة بالمغامرة، الصبر غير المحدود، دقة عالم الحشرات: تلك هي صفات كل عالم بيئي بارع. لكنها لم تعد تكفي. من الآن فصاعدًا، ينبغي إضافة الخبرة في الشبكات المعقدة، ومعرفة ديناميكية الفوضى والتحكم الجيد في طرق حل المعادلات غير الخطية...

بعبارة أخرى، فقد دخل عالم بيئة القرن الحادي والعشرين في عصر جديد.

والسبب: إن التقييم المباشر لصحة الأنظمة البيئية، مهما كان متقدمًا، لم يتمكن بَعْدُ من تفسير ديناميكيتها المذهلة في مواجهة الاعتداءات البشرية.

تظهر الأمثلة في الصفحات السابقة مدى التحدي: كيف نستبق التقلبات التي يسببها الاحتباس الحراري، والصيد المفرط، والتلوث، وإدخال الأنواع الجديدة، وآثار تمدد العمران؟ كيف نفهم قدرة الأنظمة البيئية على امتصاص الصدمات، وعلى عودة توازنها البيئي أو على الانهيار المفاجئ؟

نجد الجواب في المختبرات حيث شرع علماء البيئة في تجنيد علماء الرياضيات والفيزياء والحاسوب... وهذا للبحث في مواضيع تتجاوز كثيرا ذلك السؤال البسيط: "من يأكل من"؟

منذ زهاء عقد من الزمن، بدأ اختصاص علمي جديد يبرز، بمفاهيم غير مسبوقة وأدوات جديدة... ولكن مع شكوك جديدة أيضًا. ففي الوقت الحالي، من الواضح أن الأجوبة المقدمة حول تلك «البيئة الجديدة» لا زالت أولية وأحيانًا متناقضة. في قلب هذا التشابك بين الأنواع التي تتفاعل في ما بينها بشكل متفاوت الشدة "يصعب الربط بين الأسباب والنتائج" بحسب جورج سوجيهارا George Sugihara، وهو عالم أحيائي منظّر في معهد علم المحيطات سكريبس Scripps (الولايات المتحدة الأمريكية)، كما "تظهر ارتباطات عابرة بل إن بعضها ليس سوى سراب".

## إعادة النظر في فكرة التنوّع الإحيائي

تجدر الإشارة إلى أن مفهوم التنوع الإحيائي «المعتبر» أصبح مشكوكًا في أمره. هل هو العامل الرئيس الذي ينبغي الحفاظ عليه مهما كان الثمن في وجه الضغوطات الخارجية المتزايدة، كما تدعو الآراء المتداولة؟

يبدو أنه يتعذر تجنب هذا الاستنتاج، والحجة هي: إن التنوع يزيد من احتمال توفّر أنواع قادرة على الارتداد أمام الاضطرابات؛ وفي نفس الوقت يقلل هذا التنوع من خطر الانقراض الكلي لبعض الجماعات الوظيفية الحاسمة.

مثال ذلك: يقول لانس غوندرسون Lance Gunderson، عالم الأحياء في جامعة إيموري Emory (الولايات المتحدة الأمريكية): "في غابات فاريش varech المفترس الوحيد لقنفذ البحر هو ثعلب الماء. ولذا فانقراض هذا الأخير يؤدي إلى زيادة عدد قنافذ البحر التي ينتهي بها الأمر بالتهام الطحالب كلها، مما يؤدي إلى انهيار غابة فاريش بالكامل".

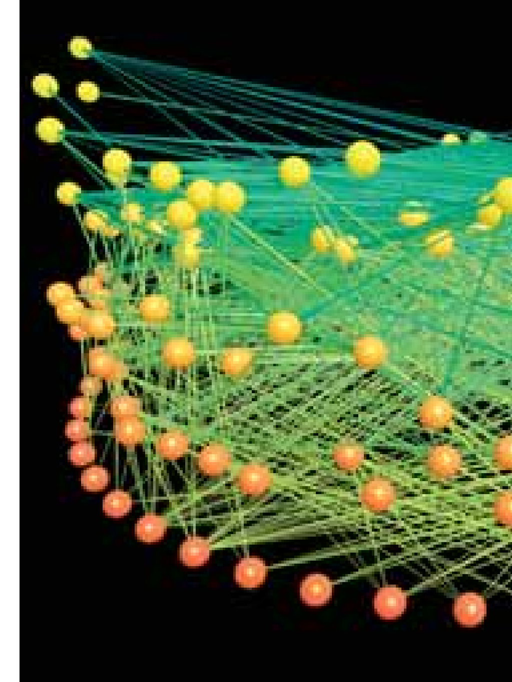
إلا أن التجارب التي تختبر التنوع الأحيائي تقدم نتائج غير مؤكدة. يقول ماثيو ويليامز Mathew Williams الباحث في علم بيئة التغيير المناخي بجامعة إدنبره Edimbourg (اسكتلندا): "تكشف تجارب اضطرابات أجريت على مزارع غنية بالأنواع أنها أقل مقاومة للجفاف مقارنة بالأنواع القليلة التنوع".

ما زال الاختصاصيون في الشبكات غير متفقين حول الموضوع. يوضّح رودولف روهر Rudolf Rohr، الباحث في علم البيئة الحسابية بجامعة فريبورغ Fribourg (سويسرا) قائلاً: "نفتقر للإثباتات الواضحة حول تأثير التنوع البيئي على استقرار الأنظمة البيئية. فلا يمكن المحافظة على جماعة متنوعة للغاية إلا إن كانت منظمة بطريقة مثلى".

يتفق معظم العلماء حول هذه النقطة: يكمن سِرّ ديناميكية الأنظمة البيئية في هيكلة التفاعلات القائمة بين الأنواع وليس في هوية الأنواع نفسها. وفي هذا السياق، يقول آرون كلوزي Aaron Clauset، عالم الفيزياء المختص في الشبكات الإحيائية بجامعة كولورادو Colorado (الولايات المتحدة الأمريكية): "تظهر دراسة الأنظمة البيئية الأحفورية لبعض الأنواع المنقرضة أنها تتسم بهيكليات شبيهة بالأنظمة البيئية العصرية تشابها كبيرا".

لا يقتصر علم البيئة على فن المحافظة على حيوان الباندا وغيره من الحيوانات المتميزة بل

NEO MARTINEZ/SPL/COSMOS - HENSON ET AL. 2009 AND J.MEMMOT, UNPUBLISHED - DR



## كيف نرسم الشبكة؟

يتضمن النظام البيئي مجموعة من التفاعلات من حدة وطبيعة متنوعة: علاقات غذائية، علاقات متبادلة... على الأرض، يصطدم رسم تلك الشبكة (نقطة لكل نوع، وخط لكل تفاعل) بصعوبة جمع تلك المعلومات، الخفية غالبًا.

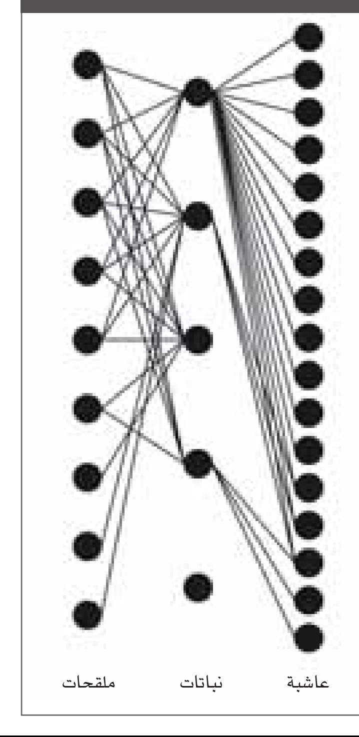
هو علم تطور تلك الشبكات. يقول رودلف روهر: "ننتقل من رؤية مركّزة على كل نوع إلى مشاهدة جماعة من الأنواع المترابطة. تلك المقاربة هي الأكثر تكيّفًا لتحليل الأنظمة البيئية عندما لا يعود الحدس والتفكير السليم كافيين".

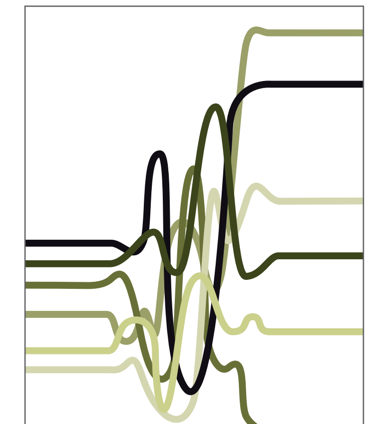
تكمن المشكلة في أنه من الصعب التحكم في قوانين تلك الشبكات - يشهد علماء الوراثة وعلماء الحاسوب على ذلك.

في الوقت الحالي، تمكنا فقط من استخلاص القليل من القواعد الأساسية. وهكذا، فإن شبكات التفاعلات بين الحيوانات العاشبة والنباتات تنظم نفسها تلقائيًا في أنظمة بيئية مجزأة (مجموعات عديدة من الأنواع شديدة الارتباط في ما بينها) بينما تظهر العلاقات المتبادلة بين المُلقِّحات والنباتات بُنًى متداخلة (أنواع مختصة ترتبط بمجموعة واحدة من ←

## كيف نفهم تركيبتها؟

بحسب المشاهدات، تشكل العلاقات بين النباتات والملقحات شبكات متراكبة، فيما العلاقات بين النباتات والحيوانات العاشبة هي بالأحرى مجزأة. لكن من الصعب أن نفهم تداعيات تلك الهندسات على ديناميكية النظام البيئي.



## كيف نتبع الديناميكية؟

قد تتبدل جماعة كل نوع في النظام البيئي كثيرًا خلال فترة وجيزة، خاصة بسبب تأثير الأنواع الأخرى، من الصعب للغاية حل المعادلات التي تصف ذلك التصرف غير الخطي.

## كيف نتوقع تلك التغييرات في الحالة؟

يمكن أن «يدور» نظام بيئي مطولًا حول حالة مستقرة قبل أن ينتقل فجأة نحو حالة أخرى (تمثل «المروحة» أدناه ذلك الانتقال). إنها ديناميكية فوضوية للغاية تجعل التوقعات من باب الصدفة.



← الأنواع الشاملة القادرة على كل شيء).

لكن الشك لا يزال يحوم حول تداعيات تلك الهندسة المتميّزة.

يقول نيكولا لوي Nicolas Loeuille التابع لفريق علم البيئة وتطور شبكات التفاعل (جامعة باريس السادسة): "يبدو التنظيم المجزأ ملائمًا لمرونة النظام البيئي: عندما يتعرض نوع للأذى في أحد الأجزاء، فهو الوحيد الذي يتأثر فعلاً". يؤكد آرون كلوزي أن هذا صحيح لكنه يحذّر قائلاً: "تستمر الاضطرابات مدة أطول لأن الأنواع عالقة في تلك الأجزاء. ويسهل الفصل بين جماعات الأنواع تلك التي هي بالكاد مترابطة في ما بينها".

يهيمن الغموض نفسه على الهندسة المتداخلة: تصفها دراسات نظرية على أنها تتسم كلها بميزات المرونة، فيما يحذّر الآخرون من ضعفها الكبير. والأسوأ من ذلك أن تلك الشبكات المكتظة والشديدة الهَرَمية تواجه خطرًا جسيما قد يؤدي إلى الانهيار العام في حال فقدان نوع رئيس...

يعترف ماثيو ويليامز Mathew Williams قائلاً: "ما زلنا نجد صعوبة في فهم تأثير بنية النظام البيئي على مرونته".

## الحظ له دور كبير

تتضمن الأنظمة البيئية عددًا لا يحصى من روابط ذات طبيعة مختلفة اختلافا كبيرا، ويصعب على النمذجة الرقمية اللحاق بها. يشير آرون كلوزي إلى هذه النقطة قائلاً: "مهما كانت محاكاتنا مفصلةً فستكون حتما محدودة بقدرات مخيّلتنا وبالمعطيات التي جمعت على الأرض".

يقول برنهارد شميدت Bernhard Schmidt، العامل بمعهد علوم الأحياء التطوري والدراسات البيئية (جامعة زوريخ، سويسرا) إن جزءًا من الحقيقة لا ندركه ويضيف: "تميل النماذج الحالية إلى الاستخفاف بمرونة الأنظمة البيئية، والسبب بسيط يتمثل في كونها لا تراعي قدرة تطوّر الأنواع".

من جهة أخرى، ينبغي ألا نهمل عاملا آخر: وهو التقدم في السن. يقول رافاييل ماثيفيت Raphael Mathevet، من مركز علم البيئي الوظيفي والتطوري التابع للمركز القومي للأبحاث العلمية: "عندما تتعزّز حالة، يصبح النظام متعلقًا أكثر فأكثر ببنية معينة وبالسياق المرتبط بها. يراكم النظام البيئي المادة والطاقة، وغالبًا ما يتم ذلك مع ندرة في عدد الأنواع بسبب سيطرة البعض منها: تصبح الشبكة «صلبة» أكثر فأكثر".

هناك حالة نموذجية: كلما نمت أشجار على مدى العقود، أصبح المكان معرضًا للحرائق. فالوقت الذي يمر يحمل معه حتمًا كل الأنظمة البيئية نحو نقطة حرجة...

إلا أن بعض التغييرات لا تعيد نفسها. قد يكون ذلك مصدر ضعف الشعاب المرجانية ومجموعتها الكبيرة من الأنواع الملوّنة: أصبحت تلك الشعاب ضعيفة بسبب الصيد المفرط، والتلوث والسياحة. وقد يُقْضى عليها بسبب ارتفاع الحرارة الذي لا مناص منه، وسيكون ذلك لفائدة نظام بيئي جديد تسيطر عليه الطحالب، وهو نظام سيكون من الصعب قلبه.

كيف نأخذ بعين الاعتبار تأثير تلك الاضطرابات البشرية، السريعة والعميقة والمتكررة في آن واحد؟ يشرح رودولف روهر قائلاً: "ثمة جزء كبير يقوم على الصدفة فيصبح من الصعب توقع نتيجة الحسم". يشتغل مارتن شيفر Marten Scheffer في برنامج تحليل المرونة والتحوّلات الحاسمة (جامعة واجينانغ Wageningen، هولندا). ويبحث هذا البرنامج في تفسير المؤشرات الأولى التي تنبئ بالغوص المفاجئ في المجهول. يقول هذا الباحث: "في بعض الحالات الكلاسيكية، كما هو الحال بعد احتراق غابة، نعرف تعاقب الحالات الانتقالية، غير أن الأنظمة البيئية لا تتضمن دائمًا حالات مستقرة بديلة".

في سياق السعي الحثيث لمواجهة هذا القدر الكبير من الشكوك، نلاحظ تأخر استعمال أدوات المعالجة الموجهة المنبثقة عن نظرية الشبكات. ومن ثمّ، يظل ترتيب عمليات إنقاذ الأنظمة البيئية صعبًا (راجع المربع "الخطوات الأولى الصعبة لهندسة الأنظمة البيئية"). يتعيّن على «علماء البيئة الجدد»، الذين هم أولاً مراقبو تحولات البيئة، أن يصبحوا منظّرين لها قبل أن يأملوا في أن يكونوا مهندسين لها.

## الخطوات الأولى الصعبة لهندسة الأنظمة البيئية

**يحاول العلماء فهم ديناميكية الأنظمة البيئية أملاً، في البداية، في إمكانية تثبيتها، وتسريع استعادتها إلى وضعها الطبيعي أو التخفيف من ثقل انتقالها العنيف من حالة إلى أخرى. لم يَسْرِ بَعْدُ مفعولُ «هندسة الأنظمة البيئية» هذه. لكن النتائج النظرية الأولى تُقدم بعض المسالك المزعجة أحيانا. يقول أديلسون موتر Adilson Motter، وهو عالم فيزياء بجامعة نورث ويسترن Northwestern (الولايات المتحدة الأمريكية): "بحسب محاكاتنا، يمكن أن يخفف نقل أو تقليص جماعة من نوع واحد أخطار انهيار النظام البيئي بكامله".**

**هل يتعلق الأمر بالتضحية بنوع واحد لمصلحة الأنواع الأخرى كلها؟ نشرت تلك الخلاصات في العام ٢٠١١ وأثارت بعض المضض... ثم إن التدخل في شبكات معقدة مسألة حساسة قد تؤدي إلى تأثيرات كارثية غير متوقعة. يقول ميشال لورو Michel Loreau، مدير مركز نظريات ونمذجة التنوع الأحيائي (فرنسا): "يرى بعض الباحثين أنه من الأفضل أن نترك البيئة «تُصلح» نفسها بنفسها. يصعب البت في هذه المسألة... إذ أنه في الوقت ذاته، تحتاج الأنظمة البيئية إلى قرن أو يزيد لتستعيد توازنها، بينما تكفي مدة تناهز عشر سنوات لإنجاز ذلك إن مددنا لها يد المساعدة".**

## للاستزادة *

للقراءة: الدراسات الأولى الواردة في هذا الملفّ، مرونة وبيئة Résilience&Environnement لفرانسوا بوسكي ورافاييل ماتيفيت (دار نشر بوشي/شاستيل/ أبريل ٢٠١٤). الغزو الكبير La Grande Invasion لـ جاك تاسان «دار نشر أوديل جاكوب»، فبراير ٢٠١٤)، الرابط المباشر على

science-et-vie.com

(1) FACE AUX AGRESSIONS HUMAINES: L'INCROYABLE FORCE DE LA NATURE, Science & Vie 1165, P 54-70
(2) CORALINE LOISEAU, AVEC FIORENZA GRACCI, VINCENT NOUYRIGAT ET ALEXANDRA PIHEN (3) YANNICK MONGET



# «الصخور المنزلقة»

# وأخيرًا حُلّ اللّغز[١]

تتحرك بعض الحجارة في وادي الموت تلقائيًا، كما أنها تقطع أحيانًا عشرات الكيلومترات. فما هو السبب؟ منذ ٦٠ عامًا تتحدى هذه الحجارة المتحركة العقول...

بقلم: أليكساندرا بيهين[٢]

^ يشهد سطح بحيرة رايستراك بلايا تحرك الحجارة، وقد يصل وزن بعضها إلى عشرات الكيلوجرامات.

ستون سنة والغموض يتحدى الأسرة العلمية. على أرضية رايستراك بلايا Racetrack Playa المستوية والخالية، وهي بحيرة في صحراء وادي الموت (كاليفورنيا) تجفّ بانتظام، تتحرك صخور من الغرانيت والدولميت قد يصل وزنها إلى ٣٠٠ كلغ. والغريب أنها تتحرك وحدها من دون محرك خارجي، ولا تدخل بشري أو حيواني. إنه أمر صعب التصديق؟

## السياق

استبان عالمَا الجيولوجيا جيم ماكاليستر Jim McAllister وألين أنيو Allen Agnew في العام ١٩٤٨، الآثار الأولى «للحجارة المتحركة» مما سجل بداية مسعى طويل. على مرّ السنوات، غذى اللغز كتابات علمية وأخرى شبه علمية كانت زاخرة رغم اضمحلال المعطيات الجديدة. وقد ضخمت هذه الظاهرة شبكة الانترنت... إلى أن قرر عالمَان جيولوجيان أخيرًا الذهاب إلى الميدان وتفحصه من جديد.

T. DRESSIER/AGE FOTOSTOCK

ومع ذلك، على الأرض، تُظهر آثارٌ طويلةٌ أن الصخور تحركت أحيانًا عشرات الأمتار.

وخلال بعض السنوات، بعد الشتاء، تظهر مئات الآثار المتوازية، باتجاهات متناسقة على أرضية البحيرة الطينية. إنها تحديات للعقل.

منذ أن تمت ملاحظة ظاهرة «الصخور المتحركة» الغريبة (sliding rocks) (راجع مربع «السياق»)، تسارعت النظريات المجنونة لكشف سر هذا اللغز. وكانت النظرية المتعلقة بالمخلوقات الفضائية من بين الأكثر شيوعًا. وقد دعم هذا التوجه قرب الموقع من «المنطقة ٥١»، القاعدة العسكرية السرية في نيفادا، مهد الظواهر الخارقة.

هل هذه خدعة من صنع بشري كما هو حال دوائر المحاصيل، تلك الرسوم الضخمة التي ظهرت ذات مرة في الحقول؟ أو هو تأثير غير متوقع ومذهل للحقول المغناطيسية الأرضية؟ أو أيضًا اجتماع معين لعناصر طبيعية، مثل الرياح والماء وأرض زلقة أو حتى الجليد؟

إن كان العلماء قد تبنوا بسرعة تلك الفرضية الجيولوجية فإنهم لم يعطوا أي برهان لِمَا ذهبوا إليه. في النهاية، ورغم برامج المراقبة التي أطلقت في السبعينيات والتسعينيات، لا يبدو أن أية فرضية منهجية نجحت في تفسير ما لا يمكن تفسيره...

ذلك كان الحال إلى أن نشر الجيولوجي الأمريكي ريتشارد نوريس Richard Norris والفيزيائي الفلكي البريطاني رالف لورينز Ralph ←

← Lorenz هذا الصيف نهاية القصة.

علينا أن نعترف بأن «الصخور المتحركة» كانت تحمي جيدًا لغزها! الوصول إليها كان صعبا، فهي تقع في منطقة صحراوية على ارتفاع يتجاوز الألف متر في قلب منتزه «جوشوا تري» Joshua Tree القومي. يقول رالف لورينز: "الطريق طويلة ووعرة للوصول إلى البحيرة".

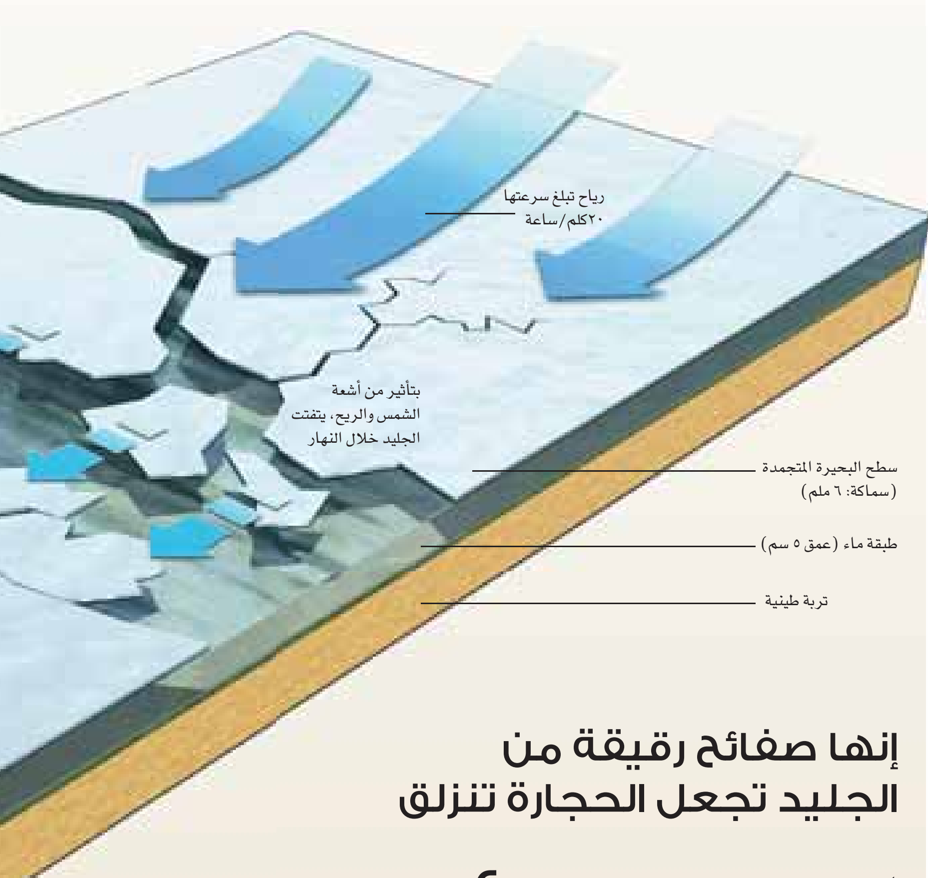
## انتظار طويل امتد ست سنوات

هناك واقع آخر يصعّب البحث أكثر: تعود آثار التحرك الأخير إلى العام ٢٠٠٥!

اهتم ريتشارد نوريس بالظاهرة بصفته جيولوجيًا من كاليفورنيا. كما اعتبرها رالف لورينز Ralph Lorenz ميدانا مثاليًا لإجراء تجاربه بصفته فيزيائيا فلكيًا مختصا في كوكب تيتان -وهو أحد أقمار زحل- الذي يحتوي على بعض البحيرات الشبيهة بهذه المساحة الصحراوية.

لحل اللغز، وضع العالمان خلال شتاء ٢٠٠٧، ١٥ كتلة من أحجار الكلس، ونشرا عليها أجهزة التموضع الشامل GPS، إلى جانب محطة طقس تسجل سرعة الرياح، والحرارة، وكمية الشمس والمطر، وكاميرات عديدة تصوّر الشاطئ كل الساعات من نوفمبر إلى مارس كل سنة. والآن لم يبق إلا ترقب حركة الحجارة!

لقد انتظرا ست سنوات، ليحصلا على الإثباتات التي طال أمدها.




## إنها صفائح رقيقة من الجليد تجعل الحجارة تنزلق

### ١- في الشتاء تتجمد مياه السطح

تحوي البحيرة عند ذلك ٥ سم من الماء، وتغطيه طبقة من الجليد من ٦ ملم، الحرارة تحت الصفر والطقس مشمس مع رياح تبلغ سرعتها ٢٠ كلم/ساعة.

### ٢- في النهار، يتفتت الجليد، ثم يتحرك...

تحت تأثير الشمس، يتفتت الجليد على شكل صفائح قد يتجاوز وزنها المئة كلجم. فتتحرك بدفع من الرياح.

يتذكّر ريتشارد نوريس قائلاً: "وقع الحدث الأبرز في ٢٠ كانون الأول ٢٠١٣: تحركت أكثر من ٦٠ كتلة، ابتهجنا إلى حد كبير. كتلتان من بينها، تزن كل واحدة منهما ١٧ كلغ و٨ كلغ على التوالي، تحركت قرابة الـ ٦٠ مترًا! وستكشف معطيات جهاز التموضع الشامل المرتبطة ببيانات محطة الطقس على المعلومات الضرورية لفهم التحركات".

في يناير ٢٠١٤، شاهد جايمس نوريس James Norris، مهندس أجهزة التموضع الشامل ومصممها، صخرة تتحرك أمام ناظريّه فصوّرها بهاتفه الخلوي! دعمت تلك المشاهدة المباشرة للظاهرة -وهي سابقة- ما كانَا قد توصلا إليه من أدلة. أخيرًا، أصبح تفسير ظاهرة تحرك الصخور متوفرًا.

يعترف ريتشارد نوريس قائلاً: "لم أستمتع قط بارتكابي الأخطاء إلى هذا الحد".

اليقين الأول: قوة الرياح ليست



ريتشارد نوريس
RICHARD NORRIS
عالم جيولوجيا أمريكي

*كنا مبتهجين: ستون كتلة، اثنتان منهما تزنان ٨ و١٧ كلجم على التوالي، تحركتا على طول ٦٠ مترًا!*

تحرك الرياح
الماء والجليد

تسلط الصفائح الكبيرة
ضغطًا من عشرات
الكيلوجرامات على الحجر

كاليفورنيا (الولايات
المتحدة الأمريكية)

بحيرة
رايستراك

المنتزه الوطني
لوادي الموت

حجر
(جرانيت أو دولميت)

غشاء طيني
مشبع بالماء
المنزلق للغاية

ينزلق الحجر من ٢ إلى ٥ أمتار في الدقيقة

### ٣- ...ويصطدم بالحجارة التي تتنقل

تصطدم صفائح الجليد بالحجارة. تدفع الصفائح الكبيرة الصخور في قعر البحيرة المبلول –وحل طيني زلق للغاية– بسرعة تتراوح من مترين إلى خمسة أمتار في الدقيقة.

العنصر الأهم في هذه الحركة: أظهرت اختبارات أجريت في العام ١٩٥٣ على سطح البحيرة بواسطة مراوح الطائرة أن رياحًا أسرع من ٧٠ كلم في الساعة كانت ضرورية لتحريك كتل الصخور الصغيرة. لكن تحركات الصخور التجريبية (تلك التي وضعها العالمان) حدثت خلال هبوب رياح خفيفة، أقل من ٢٠ كلم في الساعة.

## تنسيق غير مسبوق

من ناحية أخرى، يبدو أن توفر المياه أمر حاسم: تغطي سماكة تبلغ ٥ سم البحيرة خلال التحركات. مما يوفر تربة طينية زلقة للصخور، وتسمح المياه خاصة بتشكيل طبقة رقيقة من الجليد على سطحها. يقول ريتشارد نوريس: "رأينا صفائح جليد تتحرك على سطح البحيرة في الشتاء، وحصلت تحركاتها وسط النهار، في طقس واضح ومشمس، بحرارة أقل من الصفر. نسمع فرقعات. تتفكك صفائح الجليد وتتكسر أكثر فأكثر. وكانت تلك نقطة التحول: اقتنعنا أننا فهمنا الآلية!".

يعتبر الباحثان أن صفائح الجليد الأكبر العائمة على طبقة رقيقة من الماء هي التي تدفع الحجارة ببطء من مترين إلى خمسة أمتار في الدقيقة. بتأثير مزدوج من تيار الماء الذي تسببه الرياح، وبتأثير الرياح ذاتها على سطح الجليد، تخزن الصفائح الكثير من الطاقة.

يضيف رالف لورينز قائلًا: "تلك الطاقة تنتقل إلى الحجارة بواسطة اللمس، وتخوّلها التحرك على الوحل، فتكفي صفائح رقيقة للغاية من الجليد (من ٣ إلى ٦ ملم) لتحريك الصخور". تتراكب بعض الصفائح أحيانًا حتى على الحجارة وتشكل بالتالي «شراعًا» يسمح للصفائح الأثقل بأن تتحرك بفضل قوة رياح إضافية.

ومن ثمّ يستنتج رالف لورينز: "حتى لو يبقى من الصعب تحديد أولويات تلك العناصر المختلفة، فإن مزيج الماء والجليد والرياح الاستثنائي هو الذي يطلق التحركات".

في نهاية المطاف، قد يبدو تفسير لغز الحجارة المتحركة مخيبًا نسبيا للمعتقدات. ذلك أن عقولنا تتحمس بسهولة لنظريات المخلوقات الفضائية أو الفيزياء الهامشية ولا تثيرها تلك اللعبة الصغيرة التافهة المعتمدة على مبادئ ميكانيكا السوائل والجوامد. لكن الحقيقة تكمن في الوقائع: إن لغز الحجارة المتدحرجة في وادي الموت لم يعد لغزًا.



### للاستزادة

للقراءة: مقال نوريس ولورينز Norris & Lorenz
للمشاهدة: تغطية مع الجيولوجيين، الرابط المباشر على
science-et-vie.com

DR - B. BOURGEOIS

(1) “SLIDING ROCKS” LE MYSTÈRE ENFI N RÉSOLU, Science & Vie 1167, P 75-77
(2) Alexandra Pihen




ساسكاتشيوان (كندا)

## تختبر كندا المحطّة التي تلتقط ما تطرحه من ثاني أكسيد الكربون

مليون طنٍّ من ثاني أكسيد الكربون - يعادل ما تطرحه ٢٥٠ ألف سيارة سنويًّا -. هذا ما تطمح إلى التقاطه الشركة الكندية ساسكبوير (SaskPower) التي افتتحت في أكتوبر ٢٠١٤ باوندري دام (Boundary Dam)، المحطّة الأولى العاملة بالفحم المجهّزة بنظام التقاط لثاني أكسيد الكربون على مقياس عالٍ. حتى الآن، تم الشروع في بعض المشروعات التجريبيّة لكن جرى التخلّي عنها سريعًا، والكميّات الملتقطة كانت أقلّ بعشر مرّات. في باوندري دام، ٩٠٪ ممّا تطرحه المحطّة، يتم التقاطها كيميائيًّا. ثم تبيع الشركة أساس ثاني أكسيد الكربون هذا إلى ناقلات بترول تستعمله لتسهيل استخراج النفط، ويتم التخلّص من الباقي عن طريق حقنه في أعماق أكثر من ٣ كلم تحت الأرض، في طبقات المياه الجوفيّة المالحة.

**B.B.**

SASKPOWER



# لقد وُلِدَ الزجاجُ الشمسي[1]

بفضل تقنية جديدة، فكل سطح زجاجي (نوافذ، زجاج السيارات الواقي، شاشات...) سينتج الكهرباء انطلاقًا من الشمس. هذا أمر حاسم لقطاع الطاقة.

بقلم: موريال فالان[2]

إنتاج الطاقة من دون أن يكون ذلك ظاهرا للعيان. تلك هي العملية التي سيؤديها هذا الزجاج الجديد الذي يشبه تماما الزجاج العادي. إنه يقدم في الواقع خدمة إضافية: يصنع الكهرباء!

لقد تم الكشف عن هذا اللوح الزجاجي في أغسطس ٢٠١٤، وهو يخفي في تركيبته لوحة ضوئية تنتج وحدات الواط حالما تتعرض للشمس. تلك هي اللوحة الشمسية الشفافة الأولى! يتم إعدادها في جامعة ميتشيغن (الولايات المتحدة الأمريكية)، وستكون من دون شك سابقة تاريخية لأنها ستوفر إمكانية تحويل كل السطوح الزجاجية إلى مصدر محلي وخفي للطاقة. ومن ثمّ، سيسمح ذلك لزجاج السيارات، والمباني، والمنازل، ومحطات الحافلات، والهواتف النقالة... بأن تتزوّد بالطاقة ذاتيا. وهذا كله سيكون بالمجان بفضل الفوتونات الشمسية.

## السياق

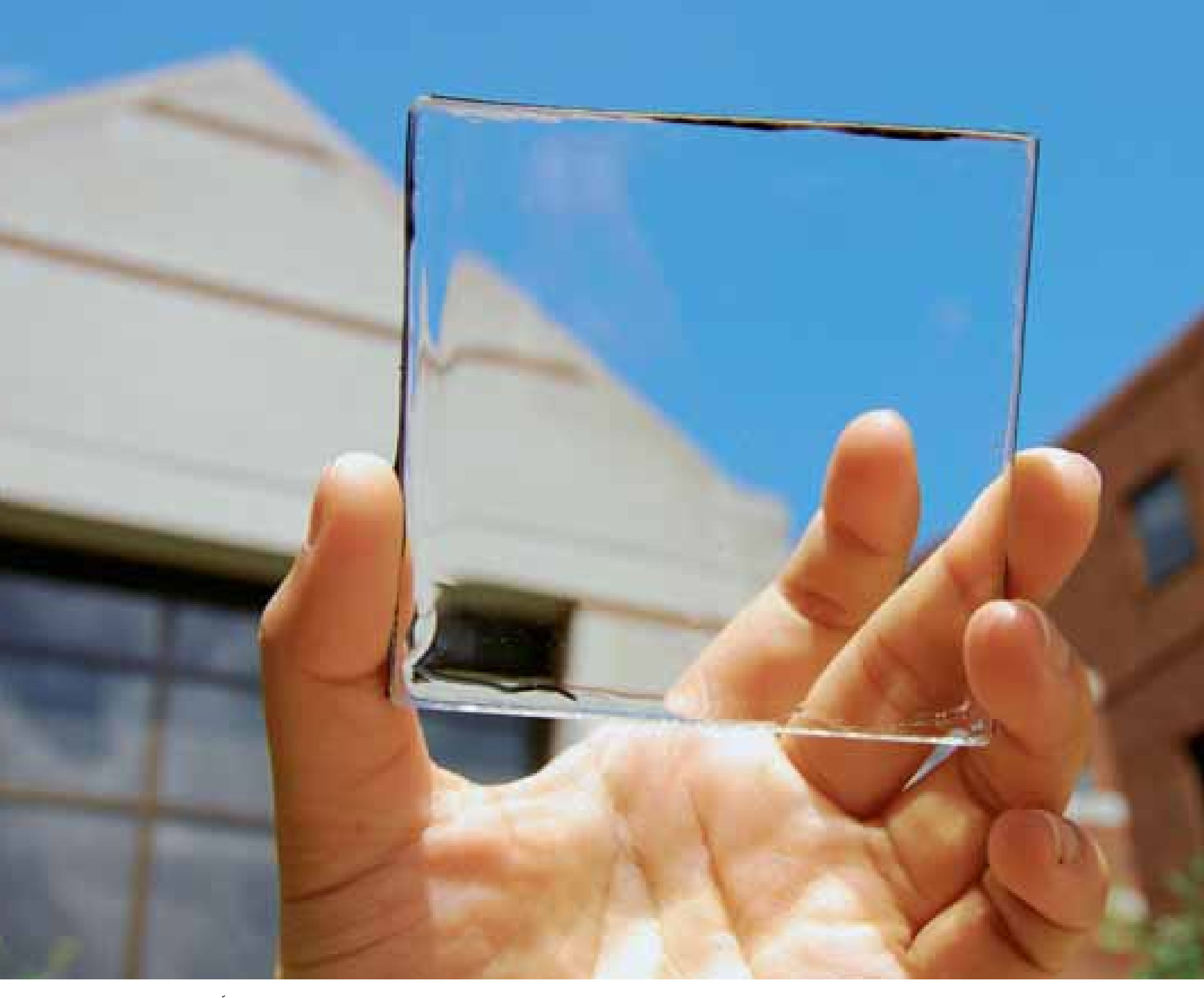
خلال كل ساعة، تتلقى الأرض أشعة شمسية تعادل استهلاكنا السنوي من الطاقة على المستوى العالمي. تحوّل الألواح الضوئية التقليدية، المصنوعة من السيليكون، جزءًا ضئيلا من تلك الطاقة إلى كهرباء. يمكن استعمال سطوح أخرى لإنتاج الكهرباء محليًا، وذلك من دون إلحاق أضرار بالمشهد الطبيعي.

## إنجاز تقني كبير

يقول ريتشارد لانت Richard Lunt، وهو مدير الأبحاث الذي كان وراء هذه الأعمال: "حتى الآن، بعيدًا عن الخلايا الضوئية الكلاسيكية، قادت كل الاختبارات حول الألواح الضوئية إلى سطوح نصف شفافة تقريبًا وملونة دائمًا. نموذجنا الأولي مميز عن غيره لأنه الأول بدون منازع من ناحية الشفافية بالعين المجردة. وصل مؤشر شفافيته إلى ٨٥٪، وهذا يضاهي تقريبًا مؤشر شفافية الزجاج الكلاسيكي (٩٠٪)".

تعمل منذ عشر سنوات أكبر المختبرات المختصة في الحقل الشمسي (في الولايات المتحدة الأمريكية، وفرنسا، وألمانيا...) على إنجاز ألواح غير مرئية. نجحت المؤسسة الفرنسية سانبارتنر تيكنولوجيز Sunpartner Technologies في تحدي الشفافية (راجع المربع «منافس آخر بين المتنافسين» صفحة ٨٧)، لكن ذلك لم ينطبق سوى على السطوح الصغيرة (شاشات الهواتف الذكية).

الرهان كبير: ذلك أن شبكات الخلايا الضوئية الكلاسيكية، السوداء، بالكاد تكون خفية حالما تُركَّب على سطح منزل أو في حديقة. إنه جانب قبيح يكبح ازدهار الطاقة الشمسية... إلى حد أن معالجته أصبحت موضوع أبحاث حول الطاقة الشمسية. شتان هنا بين القول والفعل لأن تحويل لوحة شمسية إلى لوحة شفافة كليًا يبدو للوهلة الأولى معضلة تقنية حقيقية.



R.LUNT

**٨ اللّوح الضوئي الأوّل الشفّاف**
تشبه المادّة التي توصّل إليها فريق أمريكي كثيرًا الزجاج العادي... إلا أنّها تتضمّن خلايا ضوئيّة.

# وأخيرًا صحّح العيب الذي كان يكبح ازدهار الطاقة الضوئيّة

لنحكم على ذلك: حتى يُحَوِّل لوحٌ الطاقةَ المضيئةَ المنبثقةَ عن الشمس إلى كهرباء ينبغي أن يمتص قسم من الطيف الشمسي، مما يزيل أثناء الامتصاص قسم من طول الموجات، وبالتالي بعض الألوان أيضا. لهذا السبب، وحتى الآن، أظهرت الألواح الضوئية في أحسن الأحوال جانبًا ملوَّنًا لا أكثر.

لكن ريتشارد لانت وفريقه توصلوا إلى حيلة: ابتكار طبقة رقيقة من مادة شفافة قادرة على التقاط جزء من الضوء الخفي على العين البشرية، ثم تحويلها إلى كهرباء. هذا الجزء المستهدف، هو الذي يناسب طول الموجات للأشعة تحت الحمراء القريبة (بين ٧٠٠ و ٨٠٠ نانومتر).

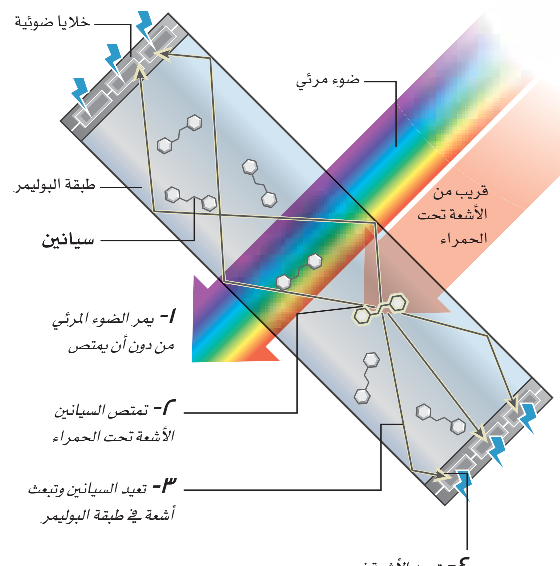
من الناحية العملية، عندما تمرّ أشعة الشمس تحت الحمراء في المادة، يتم امتصاصها وتحويلها إلى تيار كهربائي من دون أن تدرك العين ما يحصل. أما الأشعة المرئية (بين ٣٨٠ و٧٠٠ نانومتر) فتعبُر المادة بكل سهولة. وبذلك فكل شخص ينظر وراء الزجاج لن يتمكن من رؤية امتصاص أجزاء مضيئة خفيفة وسيخال أنه شفاف.

يشرح ريتشارد لانت قائلاً: "مفتاح هذا الزجاج هو جزيئات شفافة للعين البشرية، تدعى سيانين Cyanine. عملنا عليها في السنوات الثلاث الأخيرة ومنذ سنة، تمكّنا تدريجيا من تصنيعها كيميائيًا لتتسم بالخصائص المحددة التي نبحث عنها: امتصاص الأشعة دون الحمراء فقط وتمرير الشعاع المرئي".

يذوب السيانين لاحقًا في ←

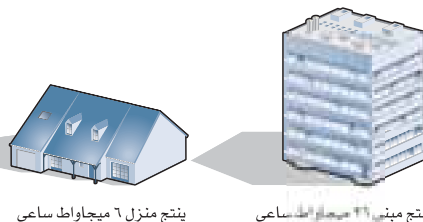
# السيانين: ميزة الزجاج الضوئي الرئيسة

## لوح ضوئي شفاف



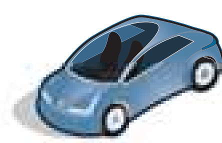

## زجاج شمسي على كل المقاييس

أنجزنا حساباتنا بمساعدة هيئة الطاقة الذرية والطاقات البديلة بمردود مستهدف هو ٥٪.



ينتج مبنى ٣١ ميجاواط ساعي في السنة (نصف ما يستهلكه).

ينتج منزل ٦ ميجاواط ساعي في السنة (ويستهلك ٥).



تنتج سيارة ٦٠٠ كيلو واط ساعي في السنة (استهلاكها على ٦٠٠٠ كلم).

هاتف نقال مضاء ساعة في اليوم ينتج ٠,١ واط ساعي (ويستهلك ٥).



← طبقة من البوليمر، وستعمل عمل مرشد موجات، تقريبًا كما تفعل الألياف البصرية: تحتجز الأشعة تحت الحمراء المجمَّعة وترشدها نحو خلايا مجهرية ضوئية كلاسيكية من السيليكون، مخبأة على أطراف المادة. عند الوصول إلى تلك المرحلة، تُحَوِّل الأشعة إلى كهرباء (راجع الرسوم على اليمين). تكسو المجموعة نافذة أو تُحشر بين زجاج مزدوج دون أن يكون مرئيًا.

يعلق ستيفان غيوريز Stéphane Guillerez، وهو رئيس قسم الوحدات الضوئية في هيئة الطاقة الذرية والطاقات البديلة (الفرنسية) قائلاً: "إنها فكرة جدّ مثيرة. لكن، يبقى أمامنا السعي لتحويل ما كان لا يزال مجرد فكرة مختبر غريبة إلى شيء ملموس، وفي آن واحد قابل للتسويق بثمن زهيد ومستقر في الزمن. يبدو أن لهذه الفكرة حظوظا كبيرة في النجاح".

نشير إلى أن النموذج الأولي يعمل جيدًا، غير أن أبعاده الهندسية لا زالت محدودة للغاية حتى الآن – فطول ضلعه يقدر بنحو ١٠ سم لا أكثر.

كما أن المردود متواضع للغاية، لأنه يسجل في ذروته أقل من ١٪، في حين تصل الألواح الكهروضوئية إلى نسبة ١٥ أو ٢٠٪.

### خليفة من السيليكون؟

كل ذلك يعتبر بداية المشوار. يتابع ريتشارد لانت واثقًا من كلامه، قائلاً: "ننوي تحسين تقنيتنا والوصول إلى ٥٪ في السنوات القادمة". لقد بدأ لانت يفكر في طريقة تسويق التقنية التي ابتكرها، ابتداءً من مصابيح القراءة إلى شاشات أجهزة الهاتف، وهذا قبل العمل





> يقدم نموذج ريتشارد لانت البدني، هنا مع زميلته ييمو زاو مردودًا أقل من ١٪... وسيتحسن هذا المردود بسرعة.

على النوافذ.

ما من شك أن مردود ٥٪ أكثر إثارة للاهتمام، لأن شفافية الجهاز تسمح بتغطية مساحات واسعة، مثل واجهات المباني الزجاجية. فيتضاعف عند ذلك منظور الطاقة، بشرط أن يصبح سعر تكلفة هذه المادة متلائمًا في يوم من الأيام مع النمو التجاري - وهذا ما لا يمكننا معرفته في هذه المرحلة حتى الآن.

هل نستطيع تأكيد أن ذلك الزجاج الضوئي يمكنه على المدى القصير أو الطويل، منافسة سيليكون الألواح الشمسية الحالية؟ بالنسبة إلى جان بيار جولي Jean-Pierre Joly، مدير المعهد القومي للطاقة الشمسية (فرنسا)، فالجواب هو لا: "هذا النوع من التقنية لن يحل أبدًا مكان السيليكون على نطاق واسع لأن مردوده سيظل محدودًا. لكن، بالنسبة إلى تطبيقات محددة، سيسمح بتصميم كائنات تمزج بين وظيفتها الخاصة ووظيفة تزودها بما تحتاج من الطاقة".

وهكذا من حقنا أن نتساءل: متى سيبدأ تسويق الزجاج الشمسي؟ بحسب ريتشارد لانت، قد تصل المنتجات الأولى إلى الأسواق في غضون خمس سنوات، وربما قبل ذلك. وسنعرف عندئذ إن كانت الشمس ستدخل عبر النوافذ...



> نجح الفرنسيون في تحدي المرونة بأفلامهم الشمسية الأولى.

## منافس آخر بين المتنافسين

**إضافة إلى الشفافية، فإن أحد تطورات الخلايا الشمسية ستكون عامل المرونة: بعد أن تصبح الألواح رقائق، يمكنها أن تلتصق على كل أنواع السطوح. إن إحدى الفرَق الأكثر تقدمًا في هذا المجال هي العاملة في المؤسسة الفرنسية، سانبارتنر تيكنولوجيز Sunpartner Technologies: في سبتمبر، ابتكرت دعامة ضوئية مرنة وشفافة (٩٠٪)، تبلغ سماكتها ٠,١ ملم. ومن المعلوم أن نسخة سابقة من ٠,٥ ملم، قادرة على إنتاج ٢,٥ ميلي واط/سم٢، كانت قد زرعت على هاتف نقال قبل بضعة أشهر. هنا، تعتمد التقنية على ميزة بصرية: شرائط مجهرية ضوئية تغطيها عدسات توجه أشعة الشمس نحوها فيما تترك الشاشة مرئيةً. يعلّق جان لوك ليديز Jean-Luc Ledys، مدير المؤسسة التقني، قائلاً: "يقضي هدفنا بإنتاج طاقة باستخدام سطوح ليست مصممة في البداية لهذه الغاية. مثال ذلك: ستائر، سقف سيارة يفتح،... ولِمَ لا نضيف لاحقا لواقط منسوجة مباشرة في القماش".**

## تعابير خاصة

تسمّى الجزئيات التي تمثّل ركائز صناعة الزجاج الشمسي **سيانين**. إنّها أصباغ عضوية، مؤلّفة من ذرّات النتروجين، مرئيّة أو غير مرئيّة بالعين المجرّدة البشريّة بحسب تركيبتها. تستعمل بالتحديد في التصوير الفوتوغرافي وفي التصوير الطبّي.

## للاستزادة *

للقراءة: عرض أعمال الفريق الأمريكي.
للاطلاع: موقع سانبارتنر تكنولوجيز، لتفاصيل أكثر عن أفلامهم الضوئية، الرابط المباشر على
science-et-vie.com

(1) LA VITRE SOLAIRE EST NÉE, Science & Vie 1166, P 104-107
(2) Muriel Valin

# الأشابات واتخذ المعدنُ السائل شكلاً(١)

إجراء تعديل لشكل أشابة معدنية يتم في اللحظة ذاتها مع إمكانية التراجع عنها: أنجز الكيميائيون خطوة نحو إقامة بُنًى يمكِن إعادة تشكيلها...

بقلم: إيمانويل مونييه(٢)

معدن سائل: ستَتَذكّر العبارة هواةَ الخيال العلمي بالـ T-1000 المرعب، الإنسان الآلي غير القابل للتخريب من قصة فيلم «المبيد» Terminator، الذي شُيِّدَ في أشابة سائلة تسمح باتخاذ أي شكل كان.

حقق فريق من جامعة ولاية كارولاينا الشمالية (الولايات المتحدة الأمريكية) خطوة أولى نحو ابتكار أشابات من هذا القبيل.

سلط الباحثون شدة كهربائية ضعيفة في سائل (هنا، محلول مائي) مُوَصِّل للكهرباء، فنجحوا في تشكيل قطرات أشابة من الغاليوم والإنديوم داخل السائل. وتم ذلك في لحظة الطلب تقريبا. وقد أُجبرت العمليةُ الأشابةَ على التوسع من تلقاء نفسها لتتمدد على شكل قضبان طويلة أو تنقبض على شكل كرات، بحسب الشدة الكهربائية المسلطة عليها.

يوضح مايكل ديكي Michael Dickey الذي أدار الدراسة، فيقول: "يؤدي تحريك المعدن وتغيير شكله بتلك الطريقة إلى إنشاء بُنًى قابلة لإعادة التشكيل".

يفكّر الكيميائي مايكل ديكي في هوائيات صغيرة معدنية قابلة للتعديل، وهي تتغيّر لتتلقى إشارات مختلفة ابتداءً من العناصر نفسها. نتخيل أيضًا دائرة إلكترونية تعدل شبكة أسلاكها تلقائيًا، مثل النظام العصبي الذي ينشئ صلاته أو يدمرها ليبقى الأمثل.

في جامعة لورين، يَعتبِر بونوا غروديدييه Benoit Grosdidier، وهو اختصاصي في المعادن السائلة، ذلك بديلًا صناعيًا للمعادن المستعملة عادة في عملية اللحام في مجال الإلكترونيات المجهرية.

## أشابة مثالية للحام

يواصل بونوا غروديدييه شرحه قائلًا: "لأن تمدد المعدن و«تبليل ←

### تسلسل الأحداث

نجح غابريال ليبمان Gabriel Lippmann في نهاية القرن التاسع عشر في إثارة حركة معدن سائل بتسليط شدة كهربائية بصفة متكررة: وقد كان الزئبق. لكنه سام. منذ ٤٠ سنة تثير أشابات المعادن السائل الوَلَه الشديد، لكنها كثيرة التآكل وتحتاج إلى حرارة مرتفعة. يفتح مزيج الإنديوم والغاليوم -Indium gallium، غير السام -وهو سائل بحرارة الغرفة- آفاقًا جديدة.

PNSA/KHAN ET AL



## ٧ هذا المعدن غير السام، سائل ابتداءً من ١٦ درجة مئوية، ويتغيّر شكله حسب الطلب

سلّط الباحثون شدة كهربائية بين نقاط مختلفة (هنا، إلى اليمين وفي أسفل شكل «T» للمسار)، ونجحوا في توجيه قطرات أشابة من الغاليوم والإنديوم بتفاعل يمكِّن من التراجع عنه.

← الركيزة» هو مفتاح اللحام. وهكذا، إن كان بوسعكم تعديل، حسب الطلب، الشدة السطحية وبين الواجهات للمعدن، فيمكنكم أن تعدلوها وفق متطلبات معدن آخر... وبالتالي تستبدلون المعادن السامة المستعملة حاليًا، مثل الرصاص، أو تلك التي صارت نادرة".

على سبيل المثال، فإن القصدير يستعمل كثيرًا في اللحام لقدرته على التمدد، لكن مخزونه ينفد، وبالإمكان أن نستبدله بمعدن آخر أكثر وفرة، نُطَوِّعه بتسليط شدة كهربائية بسيطة.

بحرارة الغرفة وبخلاف الزئبق (المعدن الوحيد، مع الغاليوم، الذي يتسم بتلك الخاصية الاستثنائية) فإنه سائل غير سام (راجع «تسلسل الأحداث» صفحة ٨٨) ويستجيب بدقة للطلبات.

لقد قضى هذا الباحث ثلاث سنوات كي يدرك للمرة الأولى إمكانية الحصول على تمدد مذهل للأشابة من خلال شدة كهربائية متواضعة ومتكررة، وها قد توصّل أخيرًا إلى سرّ هذا السلوك.

يتم كل شيء على مقياس مجهري، بالقوة التي تؤمِّن تماسك المعدن السائل أصغر ما يمكن. باختصار: إنها «تتشكل في قطرات».

يحدث ذلك دائمًا إلا في حال غُمست تلك القطرة في محلول موصل متصل بمولِّد كهربائي... وهكذا، تتفاعل ذرات المعدن (على سطح القطرة) مع شحنات المحلول الكهربائية، مشكلةً بذلك طبقةَ أكسيد.

إن طبقة الأكسيد تلك تخفّض من شدة القطرة على السطح وتؤثر على الشكل الذي تتخذه. إنه شكل قابل للتغيير حسب الطلب من خلال شدة كهربائية مسلطة على المحلول.

### في أقل من ثانية

من الناحية العملية، أظهر الباحثون أن الأكسيد يؤدي دور الوسيط بين المعدن وماء المحلول الموصِّل. يوضح مايكل ديكي الأمر قائلًا: "يظهر جانب من الأكسيد ذرات من الغاليوم مما يعطيه تجانسًا مع المعدن السائل. ويُبدي الجانب الآخر ذرات تشبه جزيئات الماء (مجموعات الهيدروكسيل) فيكون بذلك متجانسًا معها".

تكفي شدة كهربائية أقل من ١ فولط لإنشاء أكسدة قادرة على خفض قوى السطح إلى الصفر نسبيًا: فينبسط المعدن انبساطا كاملا.

والأجمل من ذلك: عندما ينشئ الباحثون شدة كهربائية بين نقاط متنوعة، فهم يحفّزون توجيه الجريان من هذه الجهة أو تلك، مع إمكانية التراجع عن العملية: حالما نزيل التيار الكهربائي، يختفي الأكسيد ويعود المعدن، ويلتوي مجددًا في أقل من ثانية، ويشكّل قطرة دائرية كثيفة. يسيل المعدن على طول مسار يختاره الباحثون، وينتشر فجأة في شكل وَرْدات... يبدو أنه يعود إلى الحياة العادية: تماما كما هو حال الروبوت T-1000... لكن على مستوى مجهري.

**للاستزادة** *

للاطلاع: مقال الباحثين الذين يقدمون تجاربهم.
للمشاهدة: أفلام فيديو حركات المعدن السائل، الرابط المباشر على

science-et-vie.com

## صناعة الأشابات التي تتميّز بذاكرة الشكل تتقدم أيضًا

**إن المعادن السائلة ليست الطريقة الوحيدة لتحريك القطع المعدنية. تستعيد الأشابات الصلبة المسماة «ذاكرة الشكل»، (حتى لو كانت مشوّهة بقوة) تعود إلى شكلها الأساسي بنفسها، حالما تُسَخَّن قليلاً. وفي هذا المجال أيضًا، نلاحظ أن هناك تقدمًا في النتائج المحصل عليها. لقد نجح باحثون من جامعة مينيسوتاMinnesota (الولايات المتحدة الأمريكية) عام ٢٠١٤ في إنشاء أشابة من الزنك، والذهب، والنحاس تتحمل آلاف الدورات من عملية «التشويه ثم إعادة التشكل». إنها نتيجة رائعة، ذلك أن الأشابات المتداولة حاليًا تجعل كل تشوّه يتسبب في عيوب على مستوى المعدن، وهو ما يجبرنا في أغلب الأحيان على تسخينه أكثر، على مدى الدورات، ليعود ويستعيد الشكل الأساسي.**

في الوقت الحالي، نلاحظ أن استعمال معادن جديدة للحام، كما هو حال ترقب ظهور الروبوتات القادرة على إعادة تشكيل نفسها ابتداء من تجمع بسيط للسائل، وذلك لا زال أمرًا نظريا: إن الكتل المعدنية السائلة التي تغيّر شكلها وفق الطلب، تتسم بقطر أقل من مليمترين، كما أن الأشكال التي يتخذها بدائية.

يقول مايكل ديكي: "ما زلنا في مرحلة بدائية للغاية من الأبحاث". لكنه يؤكد بأن معدنه السائل يتسم بميزة بالغة الأهمية: إلى جانب كونه سائلًا عندما يكون على اتصال بالهواء أو بسائل معين، وبذلك يحدد الشكل الذي يتخذه. تلك القوة -شدة السطح- من طبيعة الشدة ذاتها التي تجعل الماء على سطح بركة يقاوم وزن «العنكبوت» المائي حين يتجوّل فوقه من دون أن يغرق.

والفارق هنا يتمثّل في كون شدة سطح الغاليوم -الإنديوم أعلى بـ ٧ مرات. بخلاف الماء الذي يتمدد بسهولة على بعض السطوح فإن كل قطرة من الأشابة غاليوم- إنديوم تتخذ على معظم السطوح شكلًا كرويًا، جاعلة سطح الاتصال مع الوسط الخارجي

(1) ALLIAGES: ET LE MÉTAL LIQUIDE PRIT FORME, Science & Vie 1167, P 90-92
(2) Emmanuel Monnier




# طائرة من دون طيّار للتسليم البريدي السريع

رغمًا عن الرياح والمد البحري، عاملة التسليم الجديدة لـ DHL قادرة على نقل أدوية على جزيرة جويست Juist، الواقعة أمام السواحل الألمانيّة، عندما تضطر السفن والطائرات إلى البقاء على اليابسة. فكّرت مؤسّسات كثيرة -على رأسها فيسبوك وجوجل- في استخدام الطائرات من دون طيار كعاملة تسليم، لكنّهما تصطدمان دائمًا بالمشكلة نفسها: مستحيل أن تحلّق فوق مناطق مكتظّة سكانيًّا مثل المدن، حيث أدنى عطل قد يسقط المركبة على رأس السكّان ويتسبّب بجرحى، وحتى بقتلى. لا خطر مع الطائرة من دون طيار من DHL التي صمّمت لتحلّق في ظروف قاسية، فهي تحلّق فوق قسم من البحر يغيب فيه كليًّا خطر أن يسقط روبوت على رأس أحد. **R.R.**

DHL

«نظام الإطلاق الفضائي» (سبيس لانش سيستم، «إس إل إس»)

# إنّه صاروخ الصيحة الأخيرة[1]

بالإقدام على بناء الصاروخ الأقوى على الإطلاق، غيّرت ناسا (NASA) استراتيجيتها. إنه رهان غير مضمون... من ورائه تحدٍّ: إرسال بشر إلى المريخ في العام ٢٠٣٥.

بقلم: بونوا راي[2]

سيبلغ وزن الصاروخ «إس إل إس» (سبيس لانش سيستم Space Launch System) ٣ آلاف طن، أي نحو ثلث وزن برج إيفل. وسيبلغ طوله ١١٧ مترا، أي ارتفاع مبنى مؤلف من ٤٠ طابقًا. وسيؤمن دفعًا عند الانطلاق يصل ٤١٧٣ طنًا – ما يعادل دفع ٣٤ طائرة بوينغ ٧٤٧ أو ١٧٤٠٠ قاطرة، متجاوزًا بنسبة ٢٠٪ قوة «ساتورن ٥» *Saturn V* الأسطورية الذي حمل الإنسان إلى القمر ابتداء من العام ١٩٦٩.

## السياق

في الصناعة الفضائية، يقضي الاتجاه العام ببناء صواريخ متواضعة لإرسال الأقمار الاصطناعية بتكلفة معقولة إلى المدار. صمم القاذف الثقيل الأوروبي «أريان ٥» *Ariane 5* لوضع ٢٠ طناً من الحمولة المفيدة في المدار المنخفض. سيحمل خليفته، أريان ٦، حمولات من ٥ أطنان. أما الـ «إس إل إس»، فسيذهب في اتجاه آخر.

NASA

الأرقام هنا تؤكد: في نسخته النهائية، المقررة في عشرينيات القرن الحادي والعشرين، سيصبح نظام الإطلاق الفضائي «سبايس لانش سيستم» («إس إل إس») الصاروخ الأقوى على الإطلاق. ونتوقع أن تطلق ناسا (NASA) النسخة الأولى من هذا القاذف الجديد الثقيل في رحلتها الأولى ابتداءً من العام ٢٠١٧.

بفضل هذا العملاق، تضع وكالة ناسا نصب عينيها أهدافًا أعلى بكثير من مدار الأقمار الاصطناعية المنخفض، الواقع على بعد ألفي كلم من الأرض. تَعدنا هذه الوكالة أولاً بالقمر، الأبعد بـ ٢٠٠ مرة، والذي تنوي أن تضع في محيطه خلال العام ٢٠٢٥ كويكبًا من ٨ أمتار (يتم «أَسْره» مسبقًا) على مدار للتخزين. وسيُنْزِل الـ إس إل إس عندئذ رائدي فضاء لأداء مهمة دراسية حول الموقع.

يشرح الناطق باسم ناسا ترينت بيروتو Trent Perretto الموضوع قائلاً: "ستشكل تلك المهمة اختبارًا قبل العملية الكبرى: المريخ في العام ٢٠٣٥".

فيما انطلقت الصين في مشاريع رحلات مأهولة نحو القمر، تعود الولايات المتحدة الأمريكية إلى غزو الفضاء مع هذا البرنامج الهائل. سيكشف لنا المستقبل إن كانوا على حق أو إن كان هذا المشروع المجنون، بعد عدد كبير من المشاريع الأخرى المماثلة، في نهاية المطاف خيارا سيئًا.

لقد انطلقت ورشة البناء. في ٣٠ يونيو ٢٠١٤، فازت شركة بوينغ بعقد من ملياري يورو لصنع العمود الفقري، أي خزانين ضخمين من الوقود المبردة (مزيج من الأكسجين والهيدروجين السائلين، من حرارة –١٨٣ درجة مئوية و–٢٥٠ درجة مئوية، على التوالي). يبلغ قطر الحوضين ٨,٤ متر، وهو مقتبس من قطر خزان قاذف المكوك الفضائي الأمريكي «نظام النقل الفضائي» *STS* الذي أوقف في العام ٢٠١١، لإعادة إحياء منشآت مركز التجميع في ميشود Michoud بلويزيانا (الولايات المتحدة الأمريكية)، حيث صنع. أنجز الخزانان بعد تكييفهما مع حجم الـ إس إل إس منذ شهر.

## الرحلة الأولى غير المأهولة في العام ٢٠١٧

إن المحركات الأربعة التي ستدفع هذا الطابق الأول هي نفسها محركات «نظام النقل الفضائي» السابق الذكر. ←

# جاهز للعام ٢٠١٧

**ستبدأ التجارب الأولى على المحركات في مركز الفضاء ستينيس (ميسيسيبي) التابع لناسا. أطلقت ورشة بناء الصاروخ إس إل إس منذ ٣٠ يونيو الماضي. من المتوقع أن يكلف ١٣,٥ مليار يورو ويمتد لعشر سنوات، حتى عملية الجمع النهائية في مركز ميشود في لويزيانا، وانطلاقة نحو الفضاء من مركز كينيدي، في فلوريدا.**

## موقع الإطلاق

سيتكيف مركز كينيدي في فلوريدا مع قياسات الـ إس إل إس. حيث يتطلب قذف ١٢٠٠ مترًا مكعبًا من الماء على مستوى المفاعلات لإخماد صوت المحركات، الذي ينتج عنه قوة هائلة قد تصيب الصاروخ بأضرار!

## كبسولة

ستتسع الكبسولة أوريون حتى أربعة رواد فضاء. بعد رحلتيها الفضائيتين في العام ٢٠١٧ و٢٠٢١، قد تستبدل أيضًا بحمولة من دون رواد فضاء تقدر بـ ١٨٠٠ متر مكعب.

## الطابق الثاني

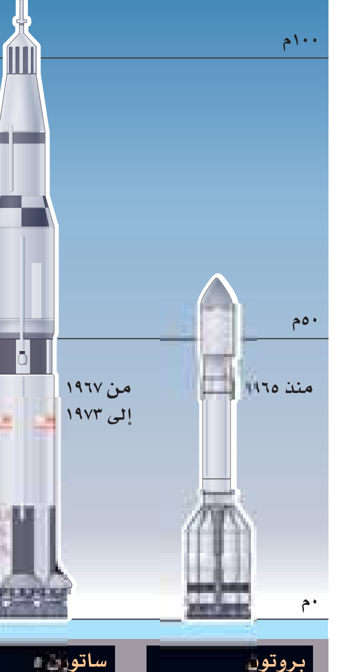
هذا الطابق مجهز بمحرك ج-٢ إكس المستقبلي سيحل محل المحرك الأولي حالما يصل الصاروخ إلى خارج الغلاف الجوي - وسيستهلك ٨٢١ ليترًا من الطاقة الدافعة في الثانية، للحصول على دفع من ١٣٠ طنًا خلال سبع دقائق.

## الطابق الأساسي

يبلغ ارتفاع الطابق ٦١ مترًا، وسيتكون من حوضين يحتويان على الهيدروجين السائل من جهة والأكسجين السائل من جهة أخرى. سيدفع مزيجهما المتفجر الصاروخ من خلال أربعة محركات رس-٢٥ بقوة دفع تبلغ ٢٢٧ طنًا لكل محرك.

## قاذفان

خلال أول دقيقتين من الرحلة، سيقوم كل قاذف منهما بعمل بقوة دفع تبلغ ١٦١٠ أطنان مع ٥ ط/ ثانية من الطاقة الدافعة. مما يؤمن ٢,٣ كيلوواط ساعي من الطاقة، أي استهلاك فرنسا كلها بالكهرباء خلال دقيقتين وثلاثين ثانية.




| بروتون | ساتورن ٥ | س تي س | إنيرجيا |
|---|---|---|---|
| روسيا | الولايات المتحدة الأمريكية | الولايات المتحدة الأمريكية | الاتحاد السوفياتي |
| حمولة*: ٢١ط، قام بـ٣٩٧ رحلة، يبقى القاذف الأساسي الأثقل في هذا البلد. | حمولة*: ١١٨ط، مخصص لمهمات أبولو على القمر، كان أكبر قاذف في التاريخ. | حمولة*: ٢٤,٥ط، القاذف متعدد المهام كان يحمل أقمار اصطناعية أو رواد فضاء. | حمولة*: ١٠٥ط، تم التخلي عنه لأسباب اقتصادية وسياسية، قام برحلتين فقط. |

* حمولة مفيدة في مدار منخفض

← أداء هذه المحركات مضمون: خلال ١٣٥ رحلة، لم تتعرض تلك المحركات «آر إس-٢٥» RS-25 لأي خلل خطر. بحسب ناسا (NASA)، فإن المحركات الـ ١٦ المخزنة، ستُضم إلى طاولة التجارب في مركز ستينيس Stennis الفضائي (ميسيسيبي) ابتداء من هذا الخريف.

قرر مجلس الشيوخ الأمريكي في العام ٢٠١٠، منح المشروع مليار يورو في السنة -أي ربع الميزانية السنوية الإجمالي لوكالة الفضاء الأوروبية و٧٪ من ميزانية ناسا-، لكن التعليمات صارمة: يتعين على ناسا (NASA) أن تعيد استعمال أكبر كمية ممكنة من قطع المكوك وقطع «كونستيلاسيون» *Constellation*، وهو اسم مشروع العودة إلى القمر الذي أطلقه جورج بوش وألغاه باراك أوباما في العام ٢٠١٠.

وهكذا أُعطِي الضوء الأخضر لصناعة أربع قاذفات. ستجهز النسخة الخفيفة من الـ إس إل إس خلال أول رحلتين لها خلال العامين ٢٠١٧ و٢٠٢١. يعود تاريخ هذين الدافعين الإضافيين -اللذين يؤمِّنان أغلبية الدفع أثناء الدقيقتين الأوليين من الرحلة، قبل أن ينفصلا ويسقطا في المحيط الأطلسي- إلى عهد مشروع «كونستيلاسيون».

صرّح أليكس بريسكوس Alex Priskos، وهو المسؤول عن هذا القسم من المشروع قائلاً: "لتجهيز النسخة المتطورة من الـ إس إل إس، ينبغي تزويدها بقوة فائقة تتجاوز كل القوى المتوافرة في العالم".

إن الطابق الثاني الذي سيحل مكان الطابق الأول، حالما يخرج من الغلاف الجوي، بعد التخلص من الطابق الأول ومن القاذفين، هو نسخة معدلة عن القاذف الحالي «دلتا ٤» *Delta IV*، مع أربع محركات «آر إل-١٠» RL-10. في الختام، ستستبدل هذه الأخيرة بمحرك واحد، المحرك الذي صمم لـ كونستيلاسيون، وهو أيضًا نسخة معدلة عن المحرك «ج-٢» J-2 الذي جهز به الصاروخ ساتورن ٥. أما فكرة الاسترداد فهي نفسها المتبعة في المركبة أوريون Orion، المعلقة في الأعلى، التي تتسع حتى ٤ رواد فضاء تحت قبة الصاروخ: لقد أُخذت كما هي من مركبة كونستيلاسيون. انطلقت أوريون في رحلتها الأولى يوم الخامس من ديسمبر ٢٠١٤ على ظهر الصاروخ ديلتا ٤، في جولتين غير مأهولتين حول الأرض، وستسمحان بتقدير مقاومتها لحرارة تبلغ ٢٢٠٠ درجة مئوية التي ستواجهها عند العودة مجددًا إلى الغلاف الجوي بسرعة ٣٢ ألف كلم في الساعة.



**كريستوف بونال**
**CHRISTOPHE BONNAL**
خبير في المركز الوطني للدراسات الفضائية في باريس

*إنه مفتاح مستقبل لا يمكن تخيله. تقدم ناسا أداة تخولنا أن نحلم بأمور عظيمة*




# إس إل إس (*SLS*): عودة الضخامة بعد ٤٠ عامًا من القاذفات الصغيرة

**أريان ٥**
الاتحاد الأوروبي
حمولة*: ٢١ط/في ٢٠٢١، سيحل صاروخ أقل قوة مكان هذا القاذف من الاتحاد الأوروبي.

**دلتا ٤ هيفي**
الولايات المتحدة الأمريكية
حمولة*: ٢٢ط إنه القاذف الأثقل على الإطلاق حاليًا في العالم.

**فالكون هيفي**
الولايات المتحدة الأمريكية
/سبيس إكس، حمولة*: ٥٣ط، صنعته شركة سبيس إكس، إنه القاذف الأول الثقيل الخاص.

**إس إل إس**
الولايات المتحدة الأمريكية
حمولة*: ١٣٠ط، إن النسخة النهائية ستجعل منه المركبة الأقوى على الإطلاق.

## سنتان للوصول إلى المشتري!

في حال نجحت أوريون في الاختبار، ستدمج في الـ إس إل إس ضمن رحلته الأولى المقررة في العام ٢٠١٧، ثم ستنقل رواد فضاء ابتداءً من العام ٢٠٢١.

بالنسبة إلى الرحلات التالية، قد تستبدل بحمولة مخصصة حصريًا للشحن، مع سعة ضخمة تصل إلى ١٨٠٠ مترًا مكعبًا، أي نصف حوض سباحة أولمبي يبلغ عمقه ٣ أمتار! بفضل سعة ستبلغ ٧٠ طنًا في العام ٢٠١٧ و ١٣٠ طنًا في عشرينيات القرن الحادي والعشرين، يصبح هذا التجميع الضخم للقطع التي استرجعت من مشاريع قديمة، جهازًا جديدًا كليًا. يقول تود ماي Todd May مدير البرنامج: "يستطيع إس إل إس أن يرسل، في رحلة واحدة، إلى المريخ كل المسابير وكل العربات القمرية التي لم ترسلها ناسا من ذي قبل".

يمكن لهذه القوة أن تفيد في مجال السرعة بدلاً من الحمولة المفيدة. بحسب بنجامين دوناهيو Benjamin Donahue العامل في مؤسسة بوينغ، فإن مسبارًا من ٨ طن يطلقه إس إل إس، سوف لن يحتاج إلى أكثر من سنتين ليصل إلى المشتري مقابل ست سنوات ونصف السنة، بأدوات اليوم. كما يمكننا أن ننقل على متنه ٣ مرات أكثر من الحمولات المفيدة من صاروخ «أتلاس ٥» Atlas V نحو زحل، في رحلة تدوم ثلاث سنوات بدلاً من السنوات السبع حاليًا.

يتحمّس كريستوف بونال Christophe Bonnal، وهو خبير في إدارة القاذفات، بالمركز القومي للدراسات الفضائية في باريس، ويصرح: "يتعلق الأمر بمفتاح لا يمكن تخيّله. لقد اتخذت وكالة ناسا المبادرة بتوفير أداة تسمح بأن نحلم بمشاريع ضخمة وبأن تكون لنا رؤية واضحة حول مستقبل استكشاف الفضاء تتجاوز كثيرا رؤانا الحالية".

والغريب أن هذا التنوع يقلق شريحة كبيرة من مجتمع علم الفضاء في الولايات المتحدة لأنها تخشى أن يتقدم المشروع من دون هدف واضح. وفي هذا السياق يقول كريستوف بونال: "إنها مشكلة الدجاجة والبيضة. ينبغي أن نعرف مسبقا إلى أين ينبغي أن نذهب بالضبط لصنع صاروخ مناسب. لكننا لن نعرف ذلك إلا بعد أن يتم تصميمه".

في يونيو، قدرت الأكاديمية الأمريكية للعلوم أنه في حال لم ترفع الميزانية، سيشكل مشروع إس إل إس "دعوة إلى الفشل والأوهام". وفي يوليو، أوضح مكتب المساءلة الحكومي، (وهو المعادل، في الولايات المتحدة، لديوان المحاسبة في فرنسا)، أن النقص في الميزانية قد يؤخر رحلة ٢٠١٧ مدة ستة أشهر، ويتطلب مبلغ ٤٠٠ مليون دولار إضافية في كلفة إس إل إس الإجمالية.

يدافع تود ماي على مشروعه قائلاً: "حتى لو كانت وسائل الإعلام قد ركزت على الجانب السلبي لهذين التقريرين فإنهما يوصيان مجلس الشيوخ بزيادة التمويل. في مطلق الأحوال، فمثل تلك التقارير لا تؤثر على مجريات عمل فرقنا". لا ريب في أن الصاروخ الأقوى في العالم هو الآن قيد التصنيع.

GILLES ROLLE/REA - M.KONTENTE

*** للاستزادة**

للمشاهدة: صور الصاروخ قيد التصنيع وخرائطه المفصّلة، الرابط المباشر على

science-et-vie.com

(1) SPACE LAUNCH SYSTEM: C'EST LA FUSÉE ULTIME, Science & Vie 1165, P 110-113
(2) Benoît Rey

(١)

# ماذا لو... حوّلنا الرّصاص إلى ذهب؟

كان ذلك حلم الخيميائيين في الماضي. لكنهم فشلوا في التوصل إلى مبتغاهم. هل نحقق هذا الحلم اليوم بفضل ما تقدمه الفيزياء النووية من وسائل؟

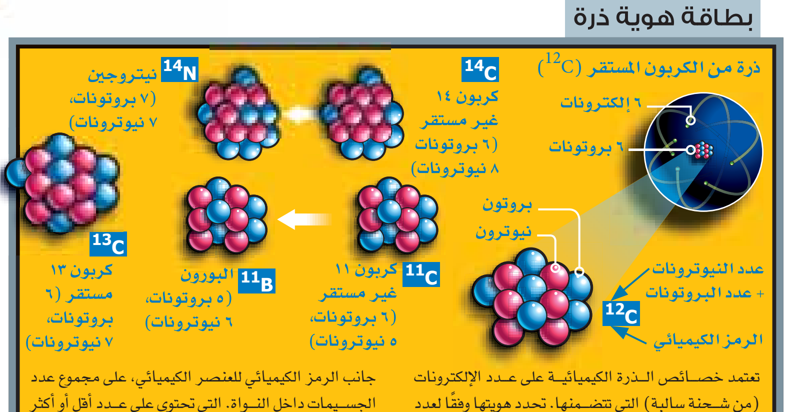
بقلم: رينيه كوييربيه (٢)

اقتنع خيميائيو القرون الوسطى بذلك إيمانا قويا: كان من المؤكد أن تحويل الرصاص إلى ذهب أمر ممكن. وكان يكفي فقط التوصل إلى الوصفة الصحيحة. فهم كانوا يعرفون استخراج النحاس أو الحديد من حصاة من حصاة عادية بعد تعريضها لمواد مسببة للتآكل أو وضعها في الفرن. لذلك، فتحويل معدن زهيد إلى معدن ثمين... عملية لا تبدو بعيدة المنال. لكن، لماذا الانكباب على الرصاص دون غيره؟ لأنه يشبه الذهب كثيرًا، فهو معدن ثقيل ومرن في الوقت نفسه، يسهل تذويبه وتحويره. إن كان هذان العنصران الكيميائيان يتسمان بخصائص متشابهة، يجوز الانتقال من عنصر إلى آخر من دون صعوبات تُذكر.

## خيميائيون ذَهَبوا مع ذَهَبِهم

كان الخيميائيون ينهكون صحتهم (بدءًا من رموشهم) في محاولة التوصل إلى غايتهم، لكنهم كانوا يقومون بذلك سرًا... لأن من يُكتشف أمره، كان جسمُه يتحوّل أحيانًا إلى ثاني أكسيد الكربون، وإلى بخار وأملاح معدنية -بمعنى أنه كان يحرق حيًا- من قبل سلطات كانت تتفق رغم ذلك مع نظرياتهم. الحقيقة أن تلك السلطات كانت تنزعج من احتمال أن تفقد كمياتُ الذهب التي جمعتها في خزائنها قيمتَها كليًا في يوم من الأيام... لأن من هبّ ودبّ سيكون قادرا على صنع مثيلها. نعلم اليوم، أنه كان من الممكن أن يتجنب الخيميائيون كل هذه المضايقات المتعبة: فتحويل الرصاص إلى ذهب كان في زمانهم مستحيلاً. ذلك أن التحويلات التي كانوا يلمّون بها (عمل الحمض، الاحتراق، والتقطير، إلخ.) كان يتطلب، على المستوى المجهري، فصل الذرات

## بطاقة هوية ذرة




تعتمد خصائص الذرة الكيميائية على عدد الإلكترونات (من شحنة سالبة) التي تتضمنها. تحدد هويتها وفقًا لعدد البروتونات (من شحنة موجبة) في نواتها: ستة، مثلًا، في حالة الكربون. لكن النوى قد تتضمن نيوترونات أكثر أو أقل. تتميز تلك الأشكال المختلفة أو «النظائر» بالإشارة إلى جانب الرمز الكيميائي للعنصر الكيميائي، على مجموع عدد الجسيمات داخل النواة. التي تحتوي على عدد أقل أو أكثر من النيوترونات هي غير مستقرة وتتحول بعد فترة معينة إلى عناصر أخرى (هنا النتروجين ١٤ والبورون ١١).

SANDRINE FELLAY POUR SVJ




PLUTTARK POUR SVJ

تكمن الوصفة السّريّة في قلب الذّرات

بعضها عن بعض -المترابطة فيما بينها ضمن الجزيئات بواسطة إلكتروناتها- ثم بإعادة جمعها بطريقة أخرى. إنه حقل الكيمياء اليوم.

## كانت الجسيمات جدّ ملتصقة

في المقابل، يقضي تحويل عنصر إلى عنصر آخر بالغوص داخل الذرات وسرقة نواتها. تتألف تلك الذرات بالإجمال من جسيمات ألفي مرة أكثر كتلة من الإلكترونات (بالتالي يصعب تحريكها) وهي متراصة بأكثر من مئة ألف مرة. ومن ثمّ، تتطلب المهمة طاقات تكون بمقدار ٢٠٠٠×١٠٠٠٠٠ = ٢٠٠ مليون مرة أعلى من الطاقات التي نصادفها في الكيمياء!

ندخل هنا في حقل الفيزياء النووية. وهذا الحقل نتقنه اليوم! وهكذا فتحويل الرصاص إلى ذهب، يتم في خطوة واحدة ينبغي أن نتمكن من تجاوزها بيسر... هل هذا هو الحال فعلاً؟

حتى نفهم الوضع جيدًا، علينا أن ننظر عن كثب إلى تركيبة النوى الذرية (راجع المربع «بطاقة هوية الذرة»). أولاً: لديكم البروتون، الذي يحمل شحنة كهربائية موجبة. يعتمد عدد الإلكترونات -المحمّلة سلبًا- التي ستدور حول النواة على عدد البروتونات التي ستضعونها فيها. تلك الجسيمات تكون بكميات متعادلة لتكون الذرة متعادلة كهربائيًا. يحدّد عدد الإلكترونات الخصائص الكيميائية لكل الذرة: أي الطريقة التي تتفاعل بها الذرة مع عناصر أخرى. ومن ثمّ، فإن عدد بروتوناتها تحدد هويتها: بروتون واحد، أي ذرة الهيدروجين؛ بروتونان هي نواة هيليوم؛ ستة بروتونات هي الكربون، سبعة بروتونات هي النتروجين، ثمانية هي الأكسجين، إلخ. هناك مشكلة: البروتونات كلها ←

← مـن شـحنــة كهربائيـة واحـدة، تتنافـر بعنـف. ولكي تظـل متقاربة فيما بينهـا، نحتـاج إلى نيوترونـات. إنهـا، كما يشـير اسـمها، «محايدة». لا شـحنة كهربائيـة لديهـا، ولا تجـذب أحـدًا ولا تدفعـه بعيـدًا، إلا عندمـا يتعلـق الأمـر بمسـافة قريبـة للغايـة: عندمـا يلامس النيوترونُ البروتونات أو يلامس غيره من النيوترونـات، فإنه يمارس تجاذبًا قويًا للغاية، يسمى تجاذبًا «نوويًا». باختصار، يمكنكـم اعتبارها كريات دبقة جدًا تقوم بدور الغراء.

## إما النجاح، وإما الفشل

في حـال لم تحتـوِ النـواة على عدد كاف مـن النيوترونـات، من الواضـح أن الوضع سـينتهي بها إلى الانفجار. ينبغي أن نضيـف بعضًـا منهـا، لكن حـذار، لا ينبغي أن نغالي. أولاً، نلاحظ أن البروتون يشعر فقط بجاذبية النيوترونات التي في جـواره المباشـر. وحالما يصبـح محاطًا كليًّا بالنيوترونـات، إن أضفنا المزيـد فهذا لن يجعـل المجموع أكثر صـلابة... بل سـيزداد ضـخامةً وضـعفًا. إن النوى المشـبعة كثيرًا بالنيوترونات ستتكسر هي

## لماذا العملية مستحيلة؟

حتـى تكـون الـذرات مسـتقرة (المربعـات السوداء)، لا ينبغي أن تحوي عددًا أكثر من الـلازم مـن البروتونات ومـن النيوترونات أيضًـا. مـن جهتـي خـط، نسـميه «خـط الاسـتقرار القطـري»، تتفـكك النوى غير المسـتقرة (المربعات البرتقاليـة، والزرقاء والصـفراء) لتحـاول الانضـمام إليـه. كيـف؟ بتحويـل بروتـون إلى نيوتـرون مـع نشر جسيمة صـغيرة مكهربة موجبة (١). كمـا يمكـن أن يتم ذلـك بتحويـل نيوترون إلى بروتـون مع قذف إلكـترون واحد (٢)؛ أو أيضًـا، بقيـام النـواة بإبعـاد بروتونـين ونيوترونين، أي نواة هيليوم (٣).
وهكـذا يمكننـا أن نتنقـل في الجـدول من عنصـر كيميائـي إلى آخـر بثـلاث طـرق مختلفـة: ١- بالنزول مـن مربع بخط مائل نحو اليمين (سـهم أصـفر)، ٢- بالصعود بخط مائـل من مربع نحو اليسـار (سـهم بنفسجي)، ٣- بالنزول بخط مائل مربعين نحو اليسـار (سـهم أخضـر). بفضل تلك القواعد، حاولوا أن تتبّعوا بإصبعكم الطرق التي تنطلق من الرصـاص، إما بجعله يبتلع نيوترونًا واحدًا ونيوترونات عديدة (سـهم أحمر)، وإما بروتونًا (سـهم أزرق)... وإن وصلتم إلى مربع أصفر، لا تنسوا أن تبعدوا نواة هيليوم (سـهم أخضـر). ستلاحظون أنكـم تعـودون غالبًـا إلى الرصـاص، ولا تصـلون قـط إلى الذهـب ($^{197}Au$)، المربع أصـفر المحيـط). لكـي نصـنع الذهـب، يمكننـا أن ننطلق من البلاتـين ١٩٧، لكنه أغلـى ثمنًـا مـن المعـدن الأصـفر! وهناك سـبيل آخر لاسـتخراج الذهـب إن لم يكن لديكم أي حس تجاري: فمقابل بضعة آلاف اليـوروات نشـتري كيلوجراما مـن الزئبق (Hg)، ونسـتخرج منـه ١,٥ جـرام مـن الزئبـق $^{196}Hg$ الـذي يحويه، ثم نقصـفه بالنيوترونـات حتى الحصـول علـى جرام مـن الذهب الـذي يمكنكم أن تعيـدوا بيعه بـ ٥٠ يورو!




١ تحويل بروتون إلى نيوترون




SANDRINE FELLAY POUR SVJ




أيضًـا في نهايـة المطاف. على كل حال، تلك النوى غير المستقرة -نسـميهـا أيضًـا إشـعاعية النـشـاط- تتخلـص مـن فائضـها من البروتونات و/أو النيوترونات حتى تتوصـل إلى شـكل مسـتقر يكون بالإجمال عنصـرًا مختلفًا (راجع المربع «لماذا العملية مستحيلة»).
للتـوصــول إلــى ذلـك <التحـوّل>، نقـول إن الحـل الوحيد يقضي بأن نجعل النوى التي انطلقنـا منها (هنا، نواة الرصـاص) تبتلع بروتونات، ونيوترونـات إضـافية، وحتى نوى صـغيرة كاملـة بطريقة تجعلها غـير مسـتقرة... مع الأمـل في أن تقودنـا في نهاية المطاف التحولات المتوالية التي ستحصل حتمًـا، إلى العنصـر المنشـود (هنـا، الذهب). دعنا نرى النتيجة.
إن تتبعتـم جيـدًا كل التحليـلات السـابقة، فلا شـك أنكم أدركتم أنه من الصـعوبة بمكان التخلي عن البروتونات، لأنـه ينبغـي تسـريعها بسـرعات هائلـة لتنجـح في تجـاوز التنافـر الكهربائـي الذي تمارسـه صـديقاتها الصغيرة كلها المتصـقـة في النواة المسـتهدفة! من دون ذلـك، يسـتحيل إدخالهـا. اعلمـوا، أننا بالـكاد نجـد في العـالم عشـرة أجهـزة مسـرّعة للجسـيمات قادرة علـى إنجاز كهـذا. فضـلاً عـن ذلـك، بمـا أن تلـك الأجهزة تطلق عددًا قليلاً من البروتونات في الوقت نفسـه، فحتى لـو حالفكم حظ لم تتوقعـوه (أي إن افترضـنا أن كل بروتوناتكم وصلت إلى هدفها، وهذا غير




PLUTTARK POUR SVJ




**إضاءة**

**التّحوّل** (أو التحول النووي) transmutation: مصطلح قديم من وضع الخيميائيين، واحتفظ به الفيزيائيون المعاصرون، للإشارة إلى التحويل من عنصر إلى عنصر آخر.

محتمل على الإطلاق)، ستحتاجون إلى أشهر كاملة لتجمعوا بعض الجرامات من النوى المعدلة!

## كل الطرق تؤدي... إلى الرصاص!

نظرًا لكلفة تشغيل تلك الآلات، ثمة فرص ضعيفة لتجنوا المال من الذهب الذي ستصنعونه بتلك الطريقة. (أجل! أجل). لكن ثمة أمر أسوأ. إن أمعنا النظر في هذه القضية ندرك أن تطبيق تلك الطريقة على الرصاص لن يعطيكم سوى معادن إشعاعية النشاط وسامة (لحسن الحظ فكمياتها قليلة للغاية) قبل أن تعود النوى بعد بضعة أيام... وتصير رصاصًا (راجع المربع أعلاه). حسنًا، دعنا من كل هذا: في حال قمنا الآن بواسطة مسرّع جسيمات، بقصف نوى الرصاص بنوى أخرى صغيرة، ثم نفتش عن حطام الاصطدامات بحثًا عن نوى الذهب، قد يحالفنا الحظ... حتى لو شعرنا حالاً بأن الطريقة لن تكون جدّ فعالة. في العام ١٩٨٠، كاد الفيزيائي (وحامل جائزة نوبل) غلين سيبورغ Glenn Seaborg أن يتوصل إلى ذلك: لقد تمكن من إنتاج بضعة آلاف من ذرات الذهب – بضعة أجزاء مليار مليارات الجرام! غير أن هذا العالم انطلق من نوى البزموث، وهي أقل استقرارًا بكثير من نوى الرصاص التي لم يحقق أحد قط هذا الإنجاز بواسطتها. هنا أيضًا، كان الخيار سيئًا.

تبقى وسيلة ثالثة –الوسيلة الوحيدة، الواقعية فعلاً: القصف بالنيوترونات. من المفترض أن يتخلص قلب المفاعل النووي العادي من كمية كبيرة من تلك المسوخ الصغيرة، ويكفي أن تضعوا فيه العناصر التي تحتاج إلى التعديل بضعة أيام لتنجح العملية. للأسف، فهنا أيضًا، لن يقودكم قصف الرصاص بالنيوترونات إلى أية نتيجة. ستحصلون على كمية من النوى تكون كلها إشعاعية النشاط، وينتهي بها الأمر، بعد التسريع والانسلاخ، بالوصول إلى شكل مستقر... وهو الرصاص. غريب؟ أجل، نسيت أن أذكر بأن هناك القليل من البزموث. لكن بالنسبة إلى الذهب: هذا جنون!

**إنّ تحويلَ معدن زهيد إلى ذهب عمليّة بالغة التكلفة!**

خلاصة القول: إن تحويل الرصاص إلى ذهب لا يزال مستحيلاً اليوم كما كان الحال في الماضي لأن الرصاص مستقر للغاية، وتقريبًا كل الطرق التي تنطلق منه ينتهي بها الأمر بالعودة إليه.

نستطيع القول إن الأسطورة «المعاصرة» التي تدّعي العكس وهْم يعادل نظريات الخيميائيين... ويكمن الفرق بينهما في كون المجتمع لم يعد اليوم يحرق أحداً لقيامه بذلك. ورغم هذا وذاك، ينبغي أن ننتبه في هذا السياق إلى أن أمامنا دليلا يظهر أن العيش اليوم أفضل من العيش في القرون الوسطى! ■

(1) ET SI… ON CHANGEAIT LE PLOMB EN OR?, Science & Vie Junior 302, P 68-71
(2) René Cuillierier



# اللّيزر ميجاجول

## السلاح الجديد

هذا الليزر الاستثنائي له هدف واحد: التذكير بأن فرنسا، التي توقفت عن كل التجارب النووية، تتحكم كليًا في القنبلة الهيدروجينية بمحاكاة انفجارات ذرية في المختبر. إنه مشروع ضخم ومخيف بلغ حدود إمكانيات الفيزياء... والجيواستراتيجية.

بقلم: فينسانت نوريغات (٢)
تصوير: هوبرت راغي (٣)



# للردع النووي[1]

**معالم**

تستند قوة الردع النووية الفرنسية على ما يقارب الـ ٣٠٠ قنبلة هيدروجينية (على متن غواصات نووية وطائرات حربية). صممها، وصنعها، نحو ٥ آلاف مختص في هيئة الطاقة الذرية والبديلة. يراقب حوالي ٣٠٠ شرطي تجميعها وحركة نقلها.




# الطاقة المضيئة تتألف

بعد عشر سنوات من الجهود الجبارة، جُهزت الآلة أخيرًا. إنها براقة، ورفيعة الصنع، وفائقة الدقة... تماما كما يحلم بها المهندس.

على مسافة ٤٠ كلم جنوبي مدينة بوردو Bordeaux (فرنسا)، وبمحاذاة غابة من الصنوبر، انطلق «ليزر ميجاجول» Laser Mégajoule للتو معززًا بالكثير من الخطابات السياسية التي تضرب على وتر الوطنية.

علينا الاعتراف بأن الجهاز من طراز «العلم العظيم» (big science) الدولي: يحتوي المبنى الذي يبلغ طوله ٣٠٠ متر والممتد أمام أعيننا على ١٧٦ جهاز ليزر فائق القوة، وحوالي ٢٠٠ ألف عنصر من المركبات العالية التقنية مركزة حول كرة يبلغ قطرها ١٠ أمتار. لا تستغربوا إن أكدنا أن هذه الكرة تتولّد فيها حرارة تبلغ ١٠٠ مليون درجة، وضغوط تصل ١٠٠ مليار بار، وكثافات مشابهة لتلك التي يتميّز بها مركز الشمس- أكثر من مئة مرة من كثافة الرصاص!

## مسألة جيواستراتيجية

كان من الممكن أن ينطبق هذا الوصف على مركز جديد للفيزياء مكرّس لاختصاصيي الكون المولعين... لولا الصفوف الأربعة من الأسلاك التي تحيط بالموقع، والتفتيش الدقيق عند المدخل، وتلك الأجوبة التي تتعمد الغموض تجاه أسئلة الصحافي الزائر... وذلك الانطباع الغريب بأننا نبحر بين استعراض للقوة و«السر العسكري» العالي المستوى، وبين العلم الأساسي الرفيع والتدريبات العسكرية المدمرة، وبين تحديات مقاومة المواد الصرفة والخطابات السياسية عن مكانة فرنسا في العالم.

تلك المفارقات هي مفارقات السلاح النووي.

ذلك أن الليزر «ميجاجول»، هذا المَعْلَم المتطور قد كُرِّس لهذا السلاح. ذاك ما يؤكده بكل حزم فرانسوا جيليسنميكوف Geleznikoff François، مدير الأسلحة النووية في هيئة الطاقة الذرية CEA: "سنحاكي الظروف المسيطرة عند انفجار قنبلة هيدروجينية". تملك فرنسا حوالي ٣٠٠ سلاح من أسلحة الدمار الشامل-التي تقاس قوتها المعتمدة على الانصهار النووي- بمئات آلاف الأطنان من الـ ت.ن.ت TNT- تفوق بعشرات المرات قنبلة هيروشيما. هذه الأسلحة، وهي



# من ١٧٦ شعاع ليزر...

٨ **١** تتضاعف طاقة أشعة «ليزر الميجاجول» ١٠ آلاف مرة حين تمر أربع مرات في تلك الردهة البالغ طولها ١٠٠ متر. **٢** يتعين على الأنظمة البصرية أن تتحمل تكرار عمليات نقل الطاقة المضيئة تلك. **٣** تُحوِّل بلورة أحادية مميزة للغاية (مكوَّنة من فوسفات هيدروجين البوتاسيوم المضاعف) تلك الأشعة إلى أشعة فوق بنفسجية قوية قبل أن تتسرب إلى غرفة التجربة.

أسلحتنا، قادرة على محو تكتلات سكانية عملاقة في لحظة واحدة بتسليط كمية هائلة من الحرارة، وموجات الصدمة، والإشعاعات. إنها أسلحة صُنعت كيلا تستخدم أبدًا طبقا لمبدأ الردع النووي.

هذا لا يعود لكون تلك الانفجارات النووية الحرارية ستحصل في جنوب مدينة بوردو (فرنسا). فمبدأ الليزر «ميجاجول» تناظري صرف: تستخدم تلك الآلة الغريبة بطارية من الليزر تصيب نماذج لمحاكاة على بضعة مليمترات البيئة المربعة لانفجار ذري.

خلاصة القول إن فرنسا بدأت بالعمل على آلة تحاكي في المختبر التجارب النووية.

تجارب نووية؟ هذا النوع من استعراض القوة يبدو أنه من صنع الماضي السحيق... من زمن منصرم نسمع فيه صوت الجنرال ديغول المميز يعلن، متفاخرًا: "مرحى لفرنسا! منذ هذا الصباح، أصبحت فرنسا أكثر قوة واعتزازا". كان ذلك يوم ١٣ من فبراير ١٩٦٠، بعد الانفجار الذري الفرنسي الأول.

تلك التجربة التي سميت «الجربوع الأزرق» (Gerboise bleue) كانت قد فتحت الطريق أمام سلسلة طويلة من ٢١٠ تجربة جوية أو تحت الأرض في الجزائر، ثم في بولينيزيا.

كان الهدف من تلك التجارب متعددًا. فهو يرمي إلى استعراض قوتنا الجيواستراتيجية، وفي الوقت نفسه السعي إلى إتقان تلك التقنية، ثم تحسينها وتخفيفها. ذلك أن قنابلنا البسيطة المعتمدة على الانشطار النووي قد تركت مكانها خلال السبعينيات الميلادية من القرن الماضي لرؤوس نووية منصهرة خارقة القوة، ومعقدة تعقيدا لا حدود له. تتطلب عملية الانصهار النووي ظروفًا خاصة نحصل عليها من خلال انفجار شحنة نووية أولى قابلة للانشطار.

لكن بعد ٢١٠ تجارب مزلزلة، يمكن أن نعتقد أن تلك الجزئيات التقنية قد حُلّت... ليس لأن فرنسا لم تعد تمارس الاختبارات النووية منذ العام ١٩٩٦ فحسب، بل لأنها وقّعت ثم أقرّت ←



# ...مركزة في كرة قطرها ١٠ أمتار...

← أيضا في العام ١٩٩٨، المعاهدة الصارمة للامتناع الكلي عن إجراء تجارب نووية.

لمَ الحاجة إذن إلى صنع آلة تحاكي انفجار القنبلة الهيدروجينية؟

يأتي الطلب مباشرة من مصممي الأسلحة النووية - وهم يشكلون سلكا مهنيا يضم حوالي ٢٠٠ عالمًا، كلمتهم لها ثقلها في فرنسا. ذلك أن صناعة الرؤوس النووية الجديدة لا تتوقف أبدًا. إن المواد التي تشكل قنابلنا الـ ٣٠٠ تتقادم وتتفكك، مما يضطرنا إلى تجديد السلاح بعد بضعة عقود.

يبرر فرانسوا جيليزنيكوف ذلك قائلاً: "إلا أنه من المستحيل أن نصنع أسلحتنا اليوم بطريقة مطابقة للسلاح الذي صُنع أول مرة إذ أن البيئة التقنية قد تطورت منذ تلك الفترة. ومن دون تجارب، لا يمكننا أن نضمن للسلطة السياسية بأن هذه القنبلة الجديدة ستفي بالمطلوب".

من ناحية أخرى، ظهرت أجيال جديدة من الصواريخ مع قيود جديدة. يوضح الفيزيائي جيليزنيكوف ذلك بالقول: "ارتجاجات، قيود حرارية، تسارع قد يصل إلى ١٠٠ج (ج= تسارع الجاذبية على سطح الأرض): تلك التطورات تفرض إجراء تعديلات في هندسة أسلحتنا". الطلب واضح. وفي هذا السياق، يضيف فرانسوا جيليزنيكوف: "نضطر إلى ممارسة تجارب فيزيائية لنضمن على المدى الطويل أداء أسلحتنا النووية، أي نضمن أنها ستتميز بالتأثير المدمر المطلوب.

## تعابير خاصة

**القنبلة الهيدروجينيّة H** (النووية الحرارية) تستغل الانصهار النووي. البلدان الوحيدة التي تمتلكها هي فرنسا، والولايات المتحدة الأمريكية، وروسيا، وبريطانيا، والصين. أمّا القنبلة الذريّة A فهي أقلّ قوّة وتعقيدًا وتستعمل الانشطار، وتملكها الهند، وباكستان وكوريا الشماليّة...

وهذا ضروري من أجل مصداقية استراتيجية ردعنا النووية، مع العلم أن فرنسا تملك عددًا قليلاً من الأسلحة". وتجدر الملاحظة أن تلك الأسلحة لا تسمح بالاعتماد على أية حسابات تقريبية: في لحظة انفجارها، تشهد تركيبتها اضطرابات معتبرة -مرتبطة بفارق الكثافة بين المواد المختلفة- قادرة على خنق عملية الانصهار تماما.

إن كان كابوس الإنسان هو الحرب النووية فإن خوف مهندسي القنبلة هو الخوف من المفرقعات المبللة، أي الخوف من الرأس النووي الذي قد يصدر صوتًا خافتًا وينطفئ. وبهذا الصدد، يقول شارل ليون Charles Lion، وهو أحد أبرز المسؤولين عن تصميم الأسلحة: "تجاربنا في المجمل كانت مفاجآت سعيدة، وكانت



∧ ١ إنّ حقل التَّجربة عبارة عن كرة يبلغ قطرها ١٠ أمتار ويتألف جدارها من ١٠ سم من الألمنيوم و٣٠ سم من الاسمنت المرتبط بالبورون boron – وهو يمتصّ النيوترون الذي ينبثق عن الانصهار. ٢ يُحدِث المهندسون في داخلها فراغًا تامًّا،يبلغ جزءًا من مليون بار. ٣ تم استحداث ١١٢ فتحة لتمرير الليزر، والسوائل، وأدوات التشخيص، والذراع المفصليّة...

هناك بضع تجارب فاشلة، لكننا لم نبلغ أبدا درجة الصفر".

الهاجس الآخر الذي يرعب هيئة الطاقة الذرية الفرنسية هو بطبيعة الحال احتمال انفجار قنبلة مفاجئ على أرضنا أو داخل غواصاتنا...

يقول فرانسوا جيليزنيكوف: "في بداية التسعينيات الميلادية من القرن الماضي، كنا مدركين جيدًا أن عدد التجارب النووية التي سيسمح لنا بالقيام بها سينخفض، لكننا لم نتوقع منعها". أما شارلز ليون فيقول: "ظهرت أفكار الاستبدال بعد قرار توقيف التجارب الذي اتخذه الرئيس فرانسوا ميتيران في العام ١٩٩٢. بدأنا عندئذ نأتي بأجهزة حواسيب متطوّرة للغاية من أجل محاكاة تسلسل مراحل تشغيل القنبلة المختلفة بعد تزويدها ببيانات من عشرات التجارب".

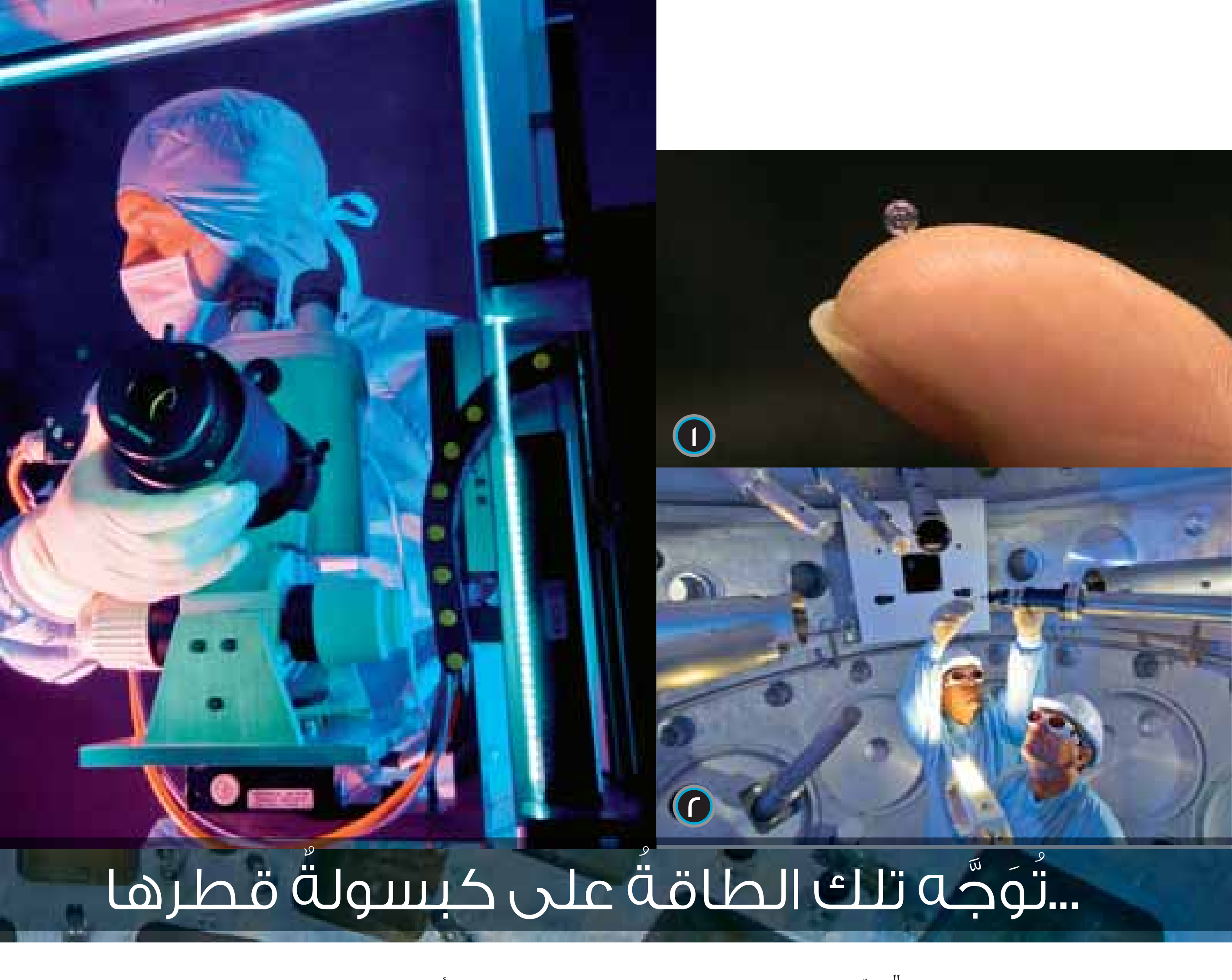
## التأكد من حسابات أجريت خلال شهور

تسلح الفيزيائيون في هيئة الطاقة الذرية بأداة حساب خارقة تضاهي في قوتها، على الأقل، قوة أداة حساب أرصاد فرنسا الجوية، والنماذج النظرية الأكثر دقة (من الكمومية إلى الديناميكية المائية). ويعمل هؤلاء العلماء اليوم أيضًا على وصف سلوك الرأس النووي وتوقعه. كما يحاولون فهْم تطور المادة في الظروف الجنونية أثناء الانفجار الذري.

لكن تلك الحسابات العديدة الجميلة التي تدوم شهورًا تستدعي دائمًا تأكيدات تجريبية.

في المختبر، كان من السهل إحداث الانفجار الأول الناري للقنبلة الهيدروجينية ومتابعته: في العام ٢٠٠٠، صنع مهندسو هيئة الطاقة الذرية في مورونفيلييه Moronvilliers (مارن، Marne) آلة عملاقة لـ«التصوير الشعاعي الوميضي» (سميت هذه الآلة «إريكس» Airix) قادرة على التقاط سلوكات المواد خلال ٥٠ نانوثانية. وكان التركيز بشكل خاص على البلوتونيوم، تلك المادة الاصطناعية التي تتميّز بخواص ميكانيكية معقدة.

يبقى أن نجرب مرحلة الانفجار النووي (الانشطار ثم الانصهار). إنها مرحلة يستمد منها السلاح كل قوته التدميرية. يقول شارلز ليون: ←




# ...تُوَجَّه تلك الطاقةُ على كبسولةٌ قطرها

← "تخوّل المتفجرات الكيميائية التوصل إلى حرارة تفوق ٥ آلاف درجة مئوية، بينما تبرز الظواهر التي تهمنا بعد المليون درجة. بعيدًا عن التجارب النووية، فإن الطريقة الوحيدة للتركيز على طاقة من هذا القبيل تقضي بالاستعانة بالليزر"... حتى لو تطلب الأمر العمل بمقياس المليمتر المكعب.

من هنا انبثقت فكرة الليزر «ميجاجول». إنها آلة لها نظيرة واحدة في العالم، وقد وضعت في الخدمة عام ٢٠٠٩ في الولايات المتحدة الأمريكية: اسمها «ليزر إن آي إف» NIF.

## تعقيدات خارقة

منذ الثمانينيات الميلادية من القرن الماضي، كانت المختبرات العسكرية، مثل هيئة الطاقة الذرية، تطور أشعة ليزر تجريبية بقوة ٢٠ كيلوجول تقريبًا. إلا أن محاكاة ظروف انفجار قنبلة هيدروجينية يتطلب ألف مرة أكثر من الطاقة (أي ٢ ميجاجول). من أجل ذلك، عملت مجموعة من الخبراء الأمريكيين والفرنسيين يدًا بيد إلى حد معيّن. يقول برونو لو غاريك Bruno le Garrec، وهو اختصاصي في الأشعة في هيئة الطاقة الذرية: "تبادلنا الكثير من المعلومات حول الصعوبات التقنية. كنا كثيرًا ما نزور مختبراتهم في مدينة ليفيرمور Livermore في كاليفورنيا، وكانوا يبادلوننا تلك الزيارات".

منذ عُرِضت تصاميمه الأولية، التي قدمت في العام ١٩٩٦، كان واضحا أن الليزر «ميجاجول» سيتطلب استعمال مواد وتقنيات وأساليب غير مسبوقة الصنع.

وفي هذا السياق يوضح برونو لو غاريك قائلاً: "من أجل تقليص الحجم، استعملنا حزمات مربعة، وهذا ما لم نتعود عليه أبدًا في البصريات".

أما بيار فيفيني Pierre Vivini –المسؤول عن مشروع ليزر «ميجاجول»– فيضيف: "من أجل صناعة ٣ آلاف لوحة زجاج مكبرة لليزر، اضطررنا إلى إنشاء مصنع باستخدام القطع المتاحة –وقد تمّ تفكيكه الآن– وإلى ابتكار طرق جديدة للصب".

خلال العمل في البرنامج، ازدادت حدة المتطلبات الضرورية بشكل لا يطاق:




## كيف تطلق أشعة ليزر الانصهار النووي

حاوية من ذهب

طبقة ديوتريوم التريتيوم المجمدة

طبقة بلاستيكية

قلب من الديوتريوم التريتيوم الغازي

الهدف

بلازما

ليزر

أشعة سينية

١- أشعة ليزر قوية للغاية إلى حد أنها تحول الذهب إلى بلازما.

٢- يطلق البلازما أشعة سينية تهاجم سطح الكبسولة.

تدفقات من الغاز

انصهار

٣- تتحول تلك الطبقة الصلبة إلى غاز، وتتدفق بقوة عنيفة.

٤- إن المزيج داخل الكرة كان مضغوطا بقوة فبدأ عملية الانصهار.

٨ [١] تتألف تلك الكبسولة البالغ قطرها مليمترين من غلاف بلاستيكي يحيط بمزيج من بضعة مليجرامات من الديوتيريوم-التريتيوم. [٢] يحدث تمركز حزم الأشعة حول ذلك الهدف على ٥٠ ميكرومترًا تقريبًا - مما يشبه تسجيل هدف في كرة السلة على مسافة ١٠ آلاف كلم. [٣] لنتمكن من الحصول على الانصهار، ينبغي أن يَحْدث الانفجار الداخلي للهدف بطريقة متناظرة تماما.

# ملليمتران...

بإمكان أدنى عيب على السطح أو أي غبار تبديد لحزمات الليزر، القضاء على قوتها ودقتها. يفتخر بيار فيفيني قائلاً: "يصل صقل بصرياتنا إلى نوعية تعادل على الأقل نوعية مرايا المقاريب الفلكية... ومن جهة أخرى، ضبطنا أنظمة مرايا قابلة للتشوّه وذلك من أجل الحصول على حزمات صافية إلى أبعد الحدود... ويمكنني أن أقول لكم إن الحاجات القصوى الضرورية لاستقرار المبنى شكلت تحديًا لفرق مؤسسة بويغ Bouygues رغم طول تجربتها".

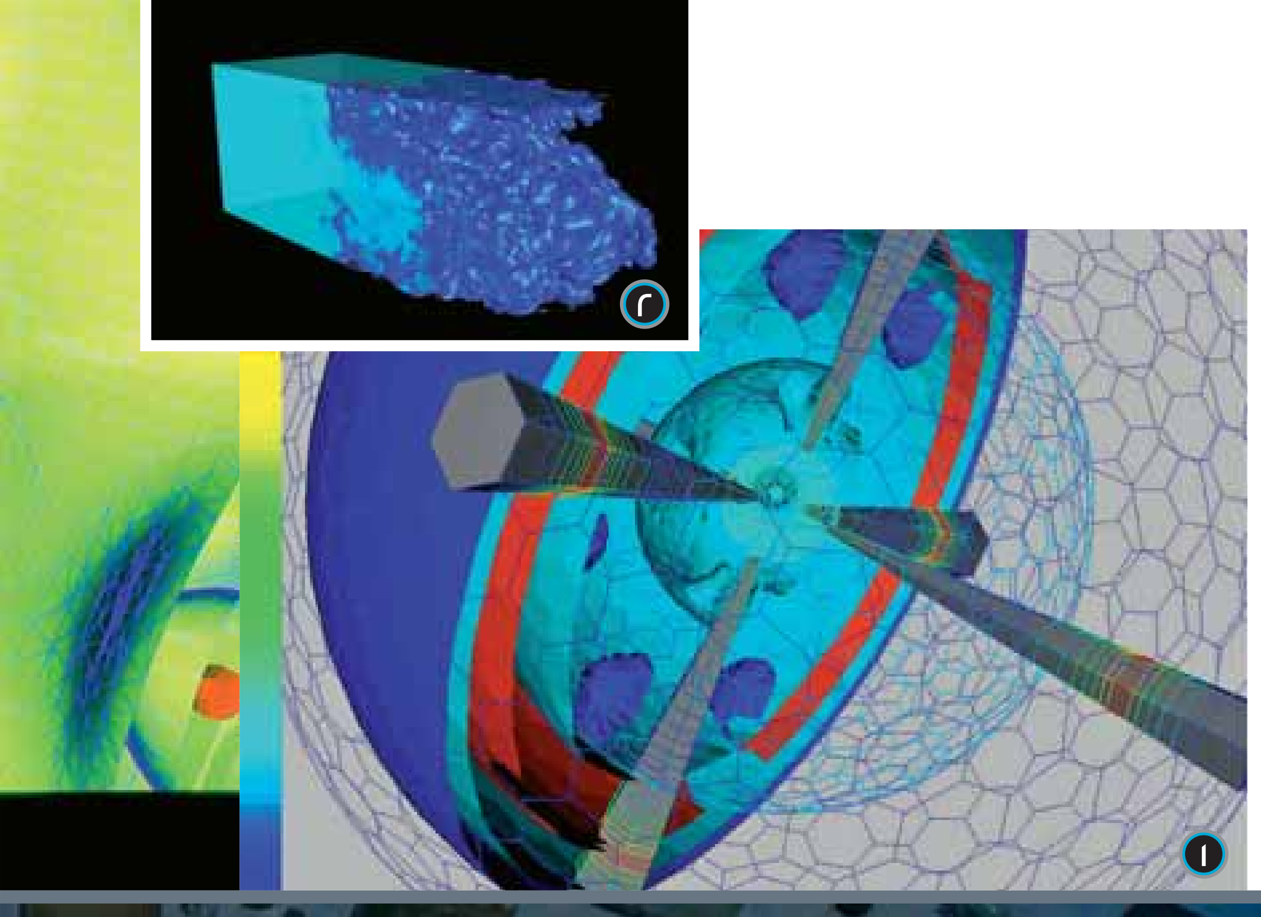
وهكذا توصلنا إلى النتيجة المرجوة: تستهدف طاقة الـ ١٧٦ ليزرًا المضيئة - ٨ منها تعمل حتى الآن- فجوة مصغرة مغطاة بالذهب فتحدث فيها صدمة عظيمة في درجة الحرارة والضغط (انظر الشكل أعلاه). يقول شارلز ليون في هذا السياق: "تتابع برنامج دراسة عينات من المواد حتى العام ٢٠٢٢، بنسبة ٤ تجارب في الأسبوع و١٠ مواضيع بحث في السنة. سننظر مثلاً في كيفية انسداد قطعة مجوّفة في ظروف نووية... لكنني لن أبوح بالمزيد".

أصبحت نحو مئة من الأهداف المليمترية المصنوعة بمركز فالدوك Valduc العسكري في بورغون Bourgogne (فرنسا) جاهزة لتتطاير تحت أنظار أدوات تشخيص ورثناها عن تجارب الماضي النووية. كل التفاصيل تعتبر بطبيعة الحال معلومات سرية.

يُصرّ فرانسوا جيليونيكوف على القول: "لدينا الكثير من الأمور ينبغي التحقق منها، أقلها معادلات حالات الديناميكية الحرارية للمادة في تلك الظروف".

نحن بانتظار ما يسميه مهندسو هيئة الطاقة الذرية بالـ«التجربة النهائية»: أي الانصهار النووي، الذي نحصل عليه عند سحق كبسولة مليئة بمزيج من الديوتيريوم-التريتيوم.

يضيف شارلز ليون قائلاً: "يحدد الانصهار التأثير التدميري الذي تنتجه القنبلة: ما هي مدة تلك الظاهرة؟ ما هي درجات الحرارة التي نصل إليها؟ - نتوقع، محليًا، مليار درجة مئوية. ←




# ...كل ذلك بغية محاكاة ظروف انفجار

← نريد أيضًا أن نقيس الكثافة، أي قدرة الفوتونات على عبور المادة، علمًا بأن ٧٥٪ من الطاقة عند انفجار قنبلة هيدروجينية تظهر على شكل ضوء". أما فرانسوا جيلينزيكوف فيتحمس قائلًا: "سندرس أيضًا تطور انبثاق الأشعة السينية وأشعة جاما وغيرها من الأشعة".

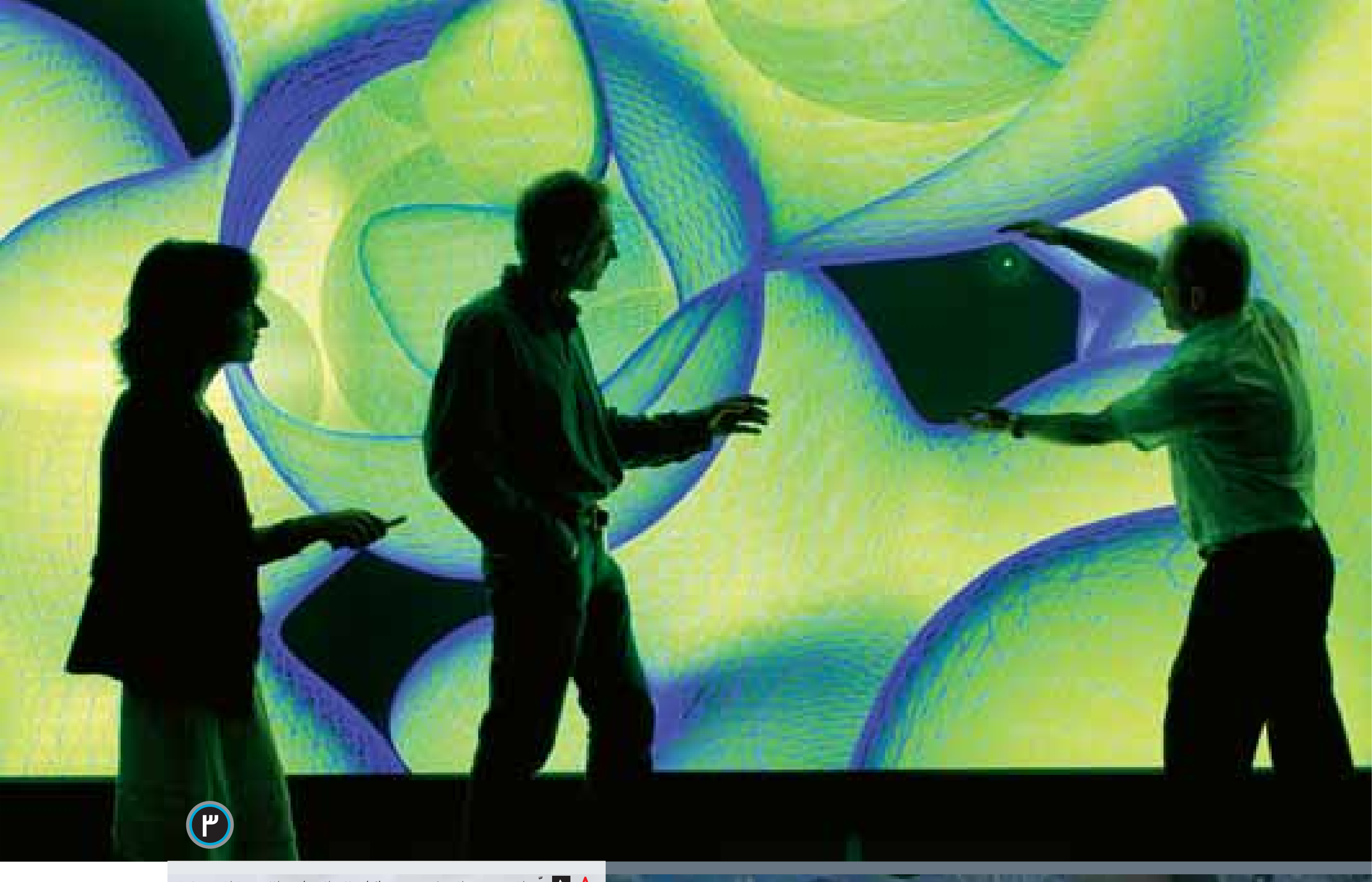
## بين الإعلام والسر العسكري

لكن يبدو أنه من الصعوبة بمكان إحداث تلك الظاهرة الرمزية في المختبر. ذلك أنه ينبغي على الضغط الممارس على مزيج الديوتيريوم-التريتيوم أن يكون متناظرا بشكل كامل، وأن يتم بسرعة تقارب الـ ٣٠٠ كلم/ساعة - ٣٠٠ مرة سرعة رصاصة مسدس. إلا أن هناك مجموعة من التأثيرات المشوِّشة تعيق هذا المسعى نحو الكمال.

كان مدير الليزر الأمريكي مقتنعًا بأنه سيحصل على الانصهار خلال ثلاث سنوات، وبعد أن توعد ذلك، عاد وخاب أمله بسرعة. تشير كريستين لابون Labaune Christine، وهي مسؤولة عن مختبر استعمال أشعة الليزر الحادة (المدرسة المتعددة التقنيات بباريس) قائلة: "واجه هؤلاء المهندسون (الأمريكيون) مشاكل منذ البداية لأن حزماتهم كانت تتبادل الطاقة عندما

## بالنسبة إلى العلوم المدنية، الفائدة من «الميجاجول» ليست واضحة المعالم

**تَعِد هيئة الطاقة الذرية الباحثين المدنيين بأنهم سيتمكنون من الاستفادة بنسبة ٢٥٪ من فترة تجارب الليزر. لكن ما الفائدة من ذلك؟ الطاقة بالانصهار النووي؟ لم يتم تصور هندستها لهذه الغاية. وطرق الليزر لا تثير الكثير من الحماس. يقول باتريك مورا Patrick Mora، وهو مدير معهد الليزر والبلازما: "ينبغي أن نضرب الطاقة التي حصلنا عليها في ألف، وأن نُسَرِّع إيقاع الطلقات على الأهداف بمليون مرة". هناك سبيل آخر: في المستقبل، إن دَمْجَ ليزر مدني فائق القوة يمكن أن يحوِّل «الميجاجول» إلى مسرع جسيمات. قد يكون ذلك... بل هذا هو الأرجح بحسب باتريك مورا: "تسمح التجارب على «الميجاجول» بدراسة الظواهر الفيزيائية الفلكية، مثل المستعرات العظمى supernovae، وتدفق المادة في جوار بعض الأجسام، وتركيبة النجوم، ومركز الكواكب". البرنامج يبدو أنه غير متكامل بعد.**




ᐱ ١ نفّذ المهندسون العسكريون محاكاة تلك التجارب الليزرية المستقبلية باستخدام آلتهم الحسابية الخارقة في برويير لو شاتل Bruyères le-Châtel (إيسون Essonne، فرنسا). ٢ أحد أهداف الحسابات الرقمية الرئيسة يقضي بنسخ ظواهر الاضطرابات المؤدية التي تظهر على السطح البيني بين مواد السلاح. ٣ وهكذا يسمح «الميجاجول» بالتحقق من صحة النماذج التي يتواصل العمل بها منذ عشرين سنة.

# نــووي.

تلتقي: لم يكن الضـغط قويًا بما يكفي ولا متناظرا". ولا ننسى أن العيوب الظاهرة على سـطح الأهداف تعيق عمل الضـغط السـلس... يقول ميشـال ليون متحسرًا: "تضـخم الصـدمة الأساسـية ذلـك الاختلال الـذي يتزايـد بسـرعة فائقة، فتضـاف إلى ذلـك ظواهر الاضـطراب المرتبطة بكثافات المواد المختلفة".

مـا من شـك في أننا لن نتوصـل إلى الانصهار قبل عشر سنوات.

هذا لا يهم: بـدأت تلك الآلة الغريبة تأتي أكلها لأن تشـغيلها في حـد ذاته يُعَدّ إشـارة قوية، فهـي وسـيلة للتعبيـر عن أن فرنسـا سـتظل يقظة. يؤكد فرانسـوا جيليزنيكوف قائلاً: "في الواقع، وراء تلك الآلة، تكمن إرادة البرهان إلى منافسينا المحتملـين علـى تحكمنـا في السـلاح النـووي. وهذه الرسـالة تمر أيضًـا عبر الاتصال بالخارج"...

والمقـال الـذي بـين يديـك ينـدرج بطريقة ما في سياق هذا الاتصال، شأنه شـأن منشـورات الفيزيائيين العسكريين في مجلات غالبًا ما تكون من مقام رفيع. يضيف شـارلز ليون قائلاً: "إن الظواهر الفيزيائيـة التـي نواجهها، لـن تكون من «الأسـرار العسـكرية»، بل الأمـر الوحيد الذي سـيكون سـريًا هو المواد المسـتعملة في السلاح".

أعلنـت هيئـة الطاقـة الذريـة عـن إمكانيات إجراء أبحاث مدنية باستخدام «الجوهـرة» الجديـدة «الميجاجول»، لكن الحجـة لم تقنـع كثيرا (راجـع المربـع "بالنسـبة إلى العلـوم المدنيـة، الفائدة من «الميجاجول» ليسـت واضحة المعالم" في الصـفحة المقابلـة). تؤكد كريسـتين لابـون أن: "«انفتـاح» «الميجاجـول» على العلماء المدنيين ليس بريئًا على الإطلاق. بـل يسـعى إلى إظهـار أن تلـك المنشـأة العسـكرية موجـودة أمـام الـرأي العام الـدولي، وأنها تعمل، ويمكنها الحصـول على نتائج قوية".

إنهـا ملاحظـات عديـدة ينبغـي أن تظـل عالقـة في الأذهان طوال السـنوات الثلاثـين مـن اسـتغلال «الميجاجـول»، سـيما عندما تكـثر وتتعاقـب الإعلانات والمنشـورات والخطابات في مشهد غريب يلفُّ هذه الآلة الفرنسية الضخمة.

*** للاستزادة**

للاطلاع: على موقع الإنترنت الرسمي للمنشأة والفيلم القصير عن الانصهار بالليزر، الرابط المباشر على science-et-vie.com

(1) LASER MÉGAJOULE: LA NOUVELLE ARME DE DISSUASION NUCLÉAIRE, Science & Vie 1167, P 102-111
(2) Vincent Nouyrigat (3) Hubert Raguet

معرض «مصادم الهدرونات الكبير LHC»

# كاشف الجُسيمات الكبير كما لو كنتم بداخله![1]

هدف المعرض هو إعادة تشكيل مصادم الهدرونات الكبير LHC، هذا الجهاز المذهل الذي يبلغ محيطه ٢٧ كيلومترًا، والمدفون على عمق ١٧٥ مترًا تحت الأرض بالقرب من جنيف. تُقدر المساحة المتواضعة لهذا المعرض بـ ٨٠٠ متر مربع: بدت هذه المهمة مستحيلة للوهلة الأولى.

لكن الأمر لا يدع مجالا للشك: إن أبعاد هذه الآلة الاستثنائية التي اكتشفت بوزون هيغز Higgs –الجسيم الأولي المسؤول عن اكتساب الجسيمات الأخرى كلها لكتلتها– وكذا القدرات البشرية والثقافية التي وضعت لإنجاز الأبحاث في مركز مصادم الهدرونات الكبير (أكثر من ١٠ آلاف باحث، والمليارات من البيانات...) تبرز بكل وضوح في فضاء معرض «المصادم الكبير».

## الزائر في ثوب الفيزيائي

نجح مصمما المعرض ( هما «متحف العلم» Science Museum في لندن و«قصر الاكتشافات» Palais de la découverte بباريس) في اختصار مسار مصادم الهدرونات الكبير البالغ عشرات الكيلومترات المربعة، في بضع عشرات الخطوات، وذلك بفضل مزيج متقن من المنظورات الخاطئة، وصور بأبعاد حقيقية وأخرى بأبعاد الشاشة... كل ذلك من شأنه توسيع مساحة المعرض الضيقة توسيعا افتراضيا.

هناك شاشة كبيرة نصف دائرية تحمل الزائر إلى مركز المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية Cern، وهو المعهد الذي يدير مصادم الهدرونات الكبير، حيث يروي رجال العلم مشاعرهم لحظة الإعلان عن اكتشاف بوزون هيغز.

تتواصل الزيارة بوقفة في مكتب أحد علماء

< إنه استعراض كامل: مصادم الهدرونات الكبير من الداخل، سباق الجسيمات، المشاعر التي يثيرها البوزون... وحتى النموذج المعياري الذي كتبت معادلاته على الخلفية السوداء!

مصادم الهدرونات الكبير: كَرَاسٍ، مصابيح، مكتب، حواسيب، وثائق... وعلى الجدار، يمدد فيلم فيديو الغرفة ويظهر ممثلةً تجسد باحثة تتكلم عن لياليها التي أمضتها بلا نوم وهي تحلل أطنان البيانات.

ونصادف أيضًا باحثين ومهندسين حقيقيين بفضل شاشات وضعت بمستوى واحد على طول نفق مسَرِّع الجسيمات المشكّل على طريقة رسم خادع.

لقد تم تقليص الزمن أيضًا: من «غرفة مليئة بالفقاعات»، تؤمن مشاهدة آثار الجسيمات الكونية المتحركة –الآلة قديمة لكنها تعمل!–، إلى عناصر المغناطيس فائقة التوصيل، نعيد إحياء ستين سنة من الأبحاث التجريبية لاكتشاف البوزون الشهير، وهذا خلال زيارة لا تتجاوز مدتها ساعتين من الزمن.

ربما كانت تعقيدات جانب التصميم من أصعب الأمور التي يمكن تمثيلها في هذا المقام.

ورغـم ذلك لم يتجاهلها المسـؤولون عن المعرض. فمن أعقد نظريات الفيزيـاء ما يُعرف بالنموذج المعياري: لاسـتعراض هذا النمـوذج تمت تغطية القاعـة الأولى بالأسـود كليًـا، مثـل لـوح كبـير، تصطف عليه معادلات تلك النظرية.

ناتالي بيسون Nathalie Besson عالمة فيزياء في مفوضيـة الطاقـة الذريـة والطاقـات البديلة (مختـبر معهـد الأبحـاث حـول قوانـين الكـون الأساسـية Irfu، فرنسـا)، شـاركت في اكتشـاف بـوزون هيغـز، وقد سـاعدت في إقامـة المعرض. تقول ناتـالي: "أعرفُ جيدًا تلك المعـادلات! إنها تخاطبنـي! إنها لوحة نموذجيـة للمنظرين! تبدو في المشـهد كلامًا غير مفهومًا، لكـن ثمة في واقع الأمر ترتيب يروي الكون".

## تأثير ساحر

في حـال لم يفهـم الزائـر معنى الرمـوز فإن توافرهـا في كل الاتجاهات له تأثير سـاحر. مثال ذلك عرض الرسومات والنصوص المتحركة على الطـاولات وغيرها، وهـو ما يشـوّش الحدود بين الواقع والإيهام البصـري، متسببا في ظهور شعور بالوهم لدى الزائر.

وفي النهايـة، نلاحـظ توفّر البعد الإنسـاني أيضًـا. إنه بُعْدُ مؤسسة تضـم آلاف الباحثين من أكـثر من ١٠٠ بلـد يتعاونـون، متجاوزين حواجز اللغـات والثقافات، في هـرج ومرج بليـغ تردّدها بَلَاغات صوتية (ضـجيج، أصوات، سرد) ترافق الزائر طوال المسار.

وهكـذا يعيـش الزائر من الداخـل، تجربة لا حدود لها، تجربة فكرية وحسيّة في آن معًا. يخرج من المعرض كالمُصـاب بالدُوَار، حاملاً معه في آن واحد ما قد يشـبه الأمنية والأسـف: أمنية زيارة مصـادم الهدرونـات الكبـير، الحقيقـي -وهذا ممكن-، وربما الأسـف لعدم الانضـمام إلى تلك المغامرة الرائعة.

**R.I.**

## وأيضًا...

طوّرت المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية Cern -وهي المؤسسـة التي تنسّق الأبحاث ذات الصـلة بمصادم الهدرونات الكبير- موقعًـا مخصصًـا إلى هـذا المصـادم عنوانـه lhc-france.fr. نجـد فيـه أفلام فيديـو مدهشـة عن «حـزم» الجسـيمات المتصادمة، وأيضًـا إضاءات كثيرة للغاية عـن طريقـة عمـل مصـادم الهادرونات الكبـير، والمعالجـة البشـرية والمعلوماتية للبيانـات المنبثقـة عـن أدوات القياس، والتجارب التي أجريت في المُسَرِّع...




- قصر الاكتشافات، في باريس.
- حتى الـ ١٩ من يوليو.
- يوميًا ما عدا الاثنين، من التاسعة والنصف صباحًا إلى السادسة مساء، بينما يوم الأحد من العاشرة صباحًا إلى السابعة مساء.
- الدخول: ٩ يورو (سعر مخفض: ٧ يورو). إمكانيّة زيارة مع مرشد.
- إنترنت: http://www.palais-decouverte.fr

ARNAUD ROBIN/EDPDCSI

(1) EXPOSITION “LE GRAND COLLISIONNEUR LHC”: LE GRAND DÉTECTEUR DE PARTICULES COMME SI VOUS Y ÉTIEZ!, Science & Vie 1167, P 128-129

## تجدّد ظهور فيروس إيبولا في إفريقيا

# الوباء الذي لا يرغب أحد في عودته[١]

هــا هي إفريقيــا تواجه تفشــي وبــاء الإيبولا الأخطــر علــى الإطلاق. حصــد فيروس الحمى النزفيــة -الفتــاك في أكثر من نصــف الحالات، والــذي لا عــلاج لــه ولا لقــاح- أكـثـر مــن ١٥٥٢ قتيــلاً خــلال ســتة أشــهر مــن بــين الحــالات الـ ٣٠٦٩ المحصية (حتى تحريرنا لهذه الأسطر) في غينيــا، وليبيريــا، وســيراليون، ونيجيريــا، والســنغال، مقابل ٤٣١ قتيلاً خلال الموجة الأولى والأهم (في العام ١٩٧٦).

## تذكير بالوقائع

**في ٢٢ مارس ٢٠١٤، أشعرت وزارة الصحة الغينية منظمة الصحة العالمية بتفشي وبــاء الإيــبـولا في جنوبي البلاد.**

**في ٨ أغسطس، قاربت حصيلة الوباء الألف قتيل؛ أصدرت منظمة الصحة العالمية "وضع صحي عام طارئ على المستوى العالمي".**

**في ١٢ أغسطس، أقرت منظمة الصحة العالمية استعمال العلاجات واللقاحات التجريبية.**

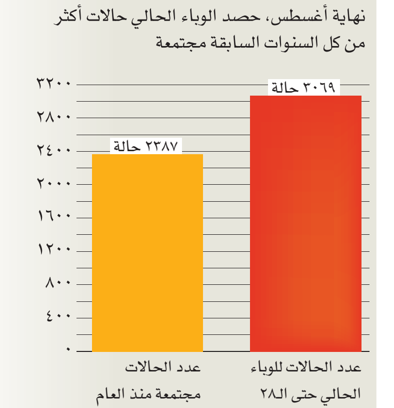
**في ١٩ و٢١ أغسطس، من المفترض أن يكون شفاء مريضين أمريكيين قد نتج عن علاج تجريبي. منظمة الصحة العالمية توقعت أن أكثر من ٢٠ ألف شخص سيصابون بالوباء.**

في محاولــة لاحتــواء الوبــاء، أقــرت منظمة الصحة العالمية في ١٢ أغسطس، استثنائيًا، وعلى نطاق واســع، استعمال العلاجات واللقاحات التي لم تقيّم نتائجها بعدُ على الإنسان.

طرح ذلك القرار غير المسبوق -الذي اعتبره بعضــهم صــادمًا أخلاقيًا- أسـئلة عديدة. يعود اكتشــاف الفيروس إلى أكثر من خمســة وثلاثين عامًــا، فكيف وصلنا إلى هذا الوضــع؟ تلقي هنا مجلــة العلــم والحيــاة «Science & Vie» نظــرة فاحصــة لتأتي بعناصــر جواب عن هذا الســؤال المزعج لرجال صناعة الأدوية.

### لماذا كان الوباء قويًا إلى هذا الحد؟

يحصــد الوبــاء هــذا القــدر مــن الضــحايا بســبب عاملــين مجتمعــين. أولاً، حــدة الســلالة الفيروســية المعنية: كشف تحليل قام به منذ شهر مارس ٢٠١٤ فريق ســيلفان بايــز Sylvain Baize، الاختصاصــي في داء إيبــولا بمختبر «ب٤» P4 في مدينة ليون Lyon (فرنســا)، أنها سلالة جديدة قريبــة للغايــة جينيًا (بنســبة ٩٧٪) من ســلالة «زائــير» (البلد الذي ظهــرت فيه للمرة الأولى في العام ١٩٧٦). يوضــح ســيلفان بايز قائلاً: "هذه الســلالة هي الأكثر حدة حتى الآن: تتراوح نســبة وفياتهــا بــين ٦٠ و٩٠٪ بحســب الأوبئــة، مقابــل نســبة يمكــن أن تتغير مــن ٤٠ إلى ٧٠٪ لســلالة «الســودان»، أو مــن ٢٥ إلى ٥٠٪ لـ«بونديبوجيــو» Bundibugyo. هــذا رغم أنه وقع تحوّل طفيف في الســلالة مما جعلها أقل فتــكًا (حوالي ٥٤٪) من سلالة «زائير» الحقيقية".



SOURCE : OMS

مــن جهــة أخــرى، إنهــا المــرة الأولى التــي يضــرب فيها فيروس إيبولا إفريقيــا الغربية. لم تكن الشــعوب مطلعة كثيرًا علــى تدابير النظافة المعتمــدة في مواجهة ذلك الفيروس الذي ينتقل عند الاتصال بحيوانات برّية مصابة (خفافيش، قردة...) وإفرازات المرضــى البيولوجية الســائلة (عرق، دم، تقيؤ)؛ ثم إن المنشآت الصحية كانت نادرة.

في النهايــة، كان احــترام طقوس الجنازات المحلية يفرض أن يغســل أقربــاء المتوفــى جثته -الملطخــة في حالة إيبولا بســوائل معدية للغاية-



**شعوب أخذت على حين غرة**
لم تكن شعوب إفريقيا الغربية (هنا، في ليبيريا) على اطلاع كاف بظروف النظافة المتبعة، وبأخطار بعض الممارسات الجنائزية.

**عدد قليل للغاية من المنشآت الصحية**
مثل ليبيريا بناء: يملكون مختبرًا صغيرًا واحدًا للتشخيص، مما يؤدي إلى صعوبة في التعرف إلى الأشخاص المصابين، وبالتالي إلى عزلهم عن باقي السكان.

**الآلاف من الضحايا**
انتشر الفيروس الذي ينتقل بواسطة الدم، والعرق وتقيؤ المرضى بسرعة لم نشهد لها مثيلًا، خلال شهرين، تم إحصاء أكثر من ٨٠٠ حالة في ليبيريا.

USAID FLICKR

مما ساهم في نشر الفيروس. النتيجة: بدلاً من أن يظل الفيروس محصورًا في بعض البلدات أو المدن، كما حصل خلال موجات الوباء السابقة، انتشر على نطاق واسع.

تمكن سيلفان بايز وزملاؤه بالعودة إلى سلسلة انتقال العدوى من خلال تحقيق دقيق. وفي هذا السياق يقول الباحث مفصِّلاً: "انطلق الوباء من قرية ميلياندو Méliandou، في جنوبي شرقي غينيا. هنا، توفي «المريض رقم صفر»، وهو طفل في السنتين من العمر، أصيب بالعدوى في ديسمبر ٢٠١٣ (على الأرجح من حيوان بري مجهول)، وتوفي لكنه نقل العدوى إلى عدد من أقربائه. وهؤلاء الأقارب نقلوا الفيروس بدورهم إلى قرى أخرى منعزلة". ثم انتقل الفيروس من قرية إلى أخرى، ومن مدينة إلى أخرى –من دون أن يشك أحد في خطورة الوضع– ووصل الفيروس في نهاية مارس إلى العاصمة كوناكري، التي تضم أكثر من مليون نسمة. ثم إلى البلدين المجاورين ليبيريا وسييراليون في يونيو، وبعد ذلك وصل إلى نيجيريا في آخر يوليو، والسنغال في نهاية أغسطس.

## لماذا لم يختبر أيُّ علاج أو لقاح في وقت سابق على الإنسان؟

اليوم، يربك هذا السؤال الباحثين ويزعجهم، فحتى الآن أظهرت على الأقل ثلاثة علاجات «مرشحة» وخمسة لقاحات نتائج واعدة على القردة، القريبة للغاية من الناحية الجينية من الإنسان... من بينها: علاج «زماب» ZMapp، وقد حقن به في بداية أغسطس أمريكيان من الجمعيات الخيرية كانا مصابين بالوباء –وشفيا حاليًا– وقُدّم هذا العلاج إلى ليبيريا قبل اعتماده من طرف منظمة الصحة العالمية. ابتكرت الشركة الأمريكية «ماب بيوفارماسوتيكال» Mapp Biopharmaceutical هذا المزيج الذي يحتوي على ثلاثة أجسام مضادة مكافحة للإيبولا (تهدف إلى تدمير الفيروس بالتشبث على سطحه)، وتم اختباره بنجاح على قردة المكاك في العام ٢٠١٢.

ينطبق الوضع نفسه على اللقاح المشهور بـ «rAd5-GP» الذي عُرِّف إعلاميًا هو أيضًا في بداية أغسطس عندما أعلم باحث في منظمة الصحة العالمية تسويقه في العام ←

## ٣٥ سنة من الأبحاث... ولا اختبارات على الإنسان

تم اكتشاف الفيروس (بالأحمر، سلالة الوباء الحالي) ابتداءً من العام ١٩٧٦. لكن الأبحاث حول اللقاحات والعلاجات توقفت بسبب ضعف التوقعات المتعلقة بالنتائج المالية بالنسبة إلى الصناعيين، وكذا بسبب استحالة التعرف إلى سكان معرَّضين للخطر ليخضعوا للاختبار.

NIAID

← ٢٠١٥ - إعلان تجاهله عملاق الأدوية «غلاكسوسميثكلاين» (GlaxoSmithKline GSK). طُوِّر اللقاح بالاشتراك مع المعهد الوطني الأمريكي للأمراض المعدية، ويتضمن فيروسًا غير مؤذ للبشر، وهو فيروس من الشيمبانزي، معدل جينيًا ليظهر على سطحه بروتين من الإيبولا (بروتين سكري) «لقاحي». وقد أظهر نتائج إيجابية على قردة المكاك، وهذا ابتداءً من العام ٢٠٠٠!

كما قُدّم لقاح واحد آخر، وهو الـ VSV-EBOV، الذي ابتكره مختبر عام كندي، ووُهب إلى إفريقيا بعد إذن منظمة الصحة العالمية. لكن شأنه كان شأن الـ ZMapp والـ rAd5-GP، إذ لم يتم اختباره بصفة كاملة عند البشر... يأسف سيلفان بايز قائلاً: "يعود أحد الأسباب إلى نقص التمويل المخصص للأبحاث الموجهة لمكافحة الإيبولا، وهذا النقص مرده مخاوف الممولين من عدم نجاحه التجاري". وبالإضافة إلى ذلك فإن هذا الفيروس يعتبر جرثومة البلدان الفقيرة، فهو لم يصب بين ١٩٧٦ و٢٠١٢ «سوى» ٢٣٨٧ شخصًا، فيما يصيب فيروس العوز المناعي البشري (الإيدز) سنويًا أكثر من ٦ آلاف شخص في فرنسا وحدها. يتابع الباحث توضيحه: "إن تقدم الأبحاث البطيء المتعلق بمكافحة الإيبولا مرتبط أيضًا بنوع وبائه الذي لا يمكن التنبؤ به بشكل خاص، وبسبب عدد الحالات القليل المسجل قبل الانفجار العابر الذي نشهده اليوم". والجدير بالذكر أن تقييم أي علاج، يتطلب أن نجرّعه لآلاف عديدة من المرضى.

أما بالنسبة إلى اللقاحات، ينبغي أن نحقن بها الأشخاص المعرضين أكثر من غيرهم للإصابة لاحقًا بالفيروس المستهدف. هناك استثناء بحسب سيلفان بايز: "خلافًا لأمراض أخرى التي لا لقاح لها حتى الآن، مثل الإيدز، فإننا لا نتعرف إلى الأشخاص المعرضين للإصابة بالإيبولا بوضوح، لأن الوباء الذي حصل حتى الآن انتشر كله بطريقة غير متوقعة وفي أماكن مختلفة من إفريقيا".

الحل الوحيد: اختبار المنتجات الموجهة لمكافحة الإيبولا خلال فترة تفشي وباء واسع النطاق... مثل الفترة الراهنة.

## من «غير المرجّح» تفشّي الوباء في فرنسا

**يقول عالم الأحياء المجهرية برونو كانار Bruno Canard (من مرسيليا، فرنسا) عن إمكانية انتقال الفيروس عبر مسافرين قادمين إلى فرنسا من إفريقيا: "إنه أقل عدوى من فيروس الأنفلونزا لأنه لا ينتقل بالهواء". فالفيروس ينتقل بالدم، والعرق أو البراز، لكن خطر انتقاله في بلدان الاتحاد الأوروبي "ضئيل للغاية في حال طبقت تدابير الوقاية"، بحسب ما يقوله المركز الأوروبي لمراقبة الأمراض (ECDC). فضلاً عن أن الشخص المصاب بالإيبولا لا ينقل العدوى إلا في حال ظهرت عليه الأعراض (حمى، آلام في العضلات...) ولا تحدث العدوى خلال فترة الحضانة. إلا أنه بالإمكان أن يكون المريض قد بدأ العلاج بفضل نظام الإنذار الذي يضم كل أطباء فرنسا، والأطباء خارج الحدود (مما يسمح لرحلات الخطوط الجوية الفرنسية بمتابعة رحلاتها نحو المناطق المتضررة). في الأخير، تقول إن درجة خطورة أن تصبح فرنسا مركز وباء ضئيلة للغاية لأن مصدر إيبولا (خفافيش الفاكهة، القردة...) غائب في فرنسا.**

## ◄ هل يكفي إرسال علاجات تجريبية للحد من الوباء؟

إن كانت موافقة منظمة الصحة العالمية على



العلاجات وعلى اللقاحات التجريبية قد علقت عليها آمال كبيرة في إفريقيا، فتلك المنتجات -للأسف- لن تتمكن لوحدها من إيقاف الارتفاع الحالي في عدد الإصابات. يؤكد جان فرانسوا ديلفريسي Jean-François Delfraissy، وهو مدير معهد علم الأحياء المجهري والأمراض المعدية في باريس، قائلاً: "تلك الطريقة مفيدة، لكنها محدودة الفعالية".

والسبب وجيه: حتى لو ظهر أن تلك العلاجات فعالة ومضمونة على نطاق واسع، وحتى إن وافقت كل المختبرات المعنية على اتباع إشعار منظمة الصحة العالمية (حتى اليوم، مثلاً، لم تعط مؤسسة «غلاكسوسميثكلاين» مثلاً، رأيها في الموضوع...)، فإن المخزون ليس كافيًا لمعالجة كل المرضى المصابين (٣٠٦٩ من الحالات حتى ٢٨ أغسطس) أو المعرضين لخطر الإصابة (عدة ملايين). على سبيل المثال، لم تتمكن الولايات المتحدة الأمريكية من إرسال سوى جرعات من الـ «الزماب»، عددها محصور بين ١٠ و ١٢ جرعة! هذه كمية ضئيلة... أما بالنسبة إلى كندا، فلم تتمكن من تقديم سوى كمية تتراوح بين ٨٠٠ و١٠٠٠ جرعة من لقاحها. تلك هي أيضا قطرة في بحر الوباء... ومن المستحيل إنتاج المزيد: نحتاج إلى أشهر عديدة لصنع بضع مئات من جرعات «الزماب».

لا شك أن العينات التي وُهبت ستساعد بضعة أشخاص لا أكثر... تختارهم السلطات الصحية المحلية، ونجهل إن كانت هناك مراقبة ستُطَبق على هذا المستوى. وهكذا، في ١٦ أغسطس، أعلنت ليبيريا أنها عالجت ثلاثة ممرضين بواسطة الـ «الزماب»، مُظهرة «أفضلية» للطاقم الطبي مقابل مرضاها.

وبعد كل ذلك، فإن معالجة المرضى وتلقيحهم لا يكفي للقضاء على ذلك الوباء. يصرّ سيلفان بايز على القول: "ينبغي أن نكسر أيضًا سلسلة نقل العدوى بين البشر لتجنب حالات جديدة".

الحل هنا صحي أكثر منه طبي. يوضح المركز الأمريكي لمراقبة الأمراض والوقاية منها (CDC) على موقعه في شبكة الانترنت التالي: "إن الطريقة الأكثر فعالية لكبح الوباء هو التعرف إلى حالات الإيبولا لعزلها ومعالجتها، وفي الوقت نفسه اقتفاء أثر كل من اتصل بها. ينبغي أن نثقف الشعوب بالنسبة إلى ممارساتهم الجنائزية الخطرة، والتأكد من أن الفريق الطبي يعالج العدوى في المستشفيات. بهذه الطريقة، تم كبح تفشي أوبئة الإيبولا في السابق".

نحن في انتظار علاج محتمل أو لقاح. وهذا لن يحصل قبل عشرة أعوام ما لم يتم احترام كل خطوات التقييم والتسويق المألوفة.

**خيرة بالطيب** (2)

**سيلفان بايز**
**SYLVAIN BAIZE**
اختصاصي إيبولا في مختبر P4 في ليون (فرنسا)

*ينبغي أن نكسر سلسلة العدوى بين البشر لتجنب حالات جديدة*

## للمزيد

- صفحة منظَمة الصحَة العالمية حول الفيروس: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs103/fr/
- ملف المعهد الفرنسي للمراقبة الصحيَة: http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses
- برنامج C dans l'air حلقة ١٣ أغسطس ٢٠١٤، المخصَصة للإيبولا، وقد عرضت على القناة الفرنسية «فرنسا الخامسة»: http://www.france5.fr/emissions/c-dans-l-air/videos

(1) LE VIRUS EBOLA RÉAPPARAÎT EN AFRIQUE: L'ÉPIDÉMIE QUE PERSONNE N'A VOULU VOIR VENIR, Science & Vie 1165, P 42-45 (2) Kheira Bettayeb

لا يزال عدد ضحايا إيبولا يتزايد

# إلى أيّ مدى قد يتفاقم الوباء؟[1]

سيتخذ الوباء حجمًا غير مسبوق وسيواصل تقدمه السريع إلى ما بعد العام ٢٠١٤. تِلْكُم هما القناعتان الوحيدتان لعلماء الأوبئة.

في أكتوبر ٢٠١٤، أعلنت منظمة الصحة العالمية أن عدد الضحايا قد تجاوز عتبة العشرة آلاف في غرب إفريقيا... مع الاعتراف في الوقت نفسه بأن الأرقام الخاصة بحجم الوباء كانت سيئة التقدير.

أما توقعات «مراكز المراقبة والوقاية من الأوبئة» CDC الأمريكية فأشارت إلى ١,٤ مليون حالة في غضون نهاية يناير ٢٠١٥. فيما تتصور البلدان الغربية أنها في مأمن من الوباء. كيف يمكن أن نتوقع في هذه الحالة تطوره؟

بطبيعة الحال، فإن وسائل وقف تفاقم المرض معروفة حق المعرفة: اكتشاف مبكر للمرضى، عزل، بحث عن الأشخاص الذين كانوا على اتصال بهؤلاء المرضى. كل تلك التدابير بالغة الفعالية، وتمنع كل اتصال مع السوائل الجسدية (دم، بول، عرق...) القابلة لنقل الفيروس. وهكذا نجحت نيجيريا والسنغال كليًا في وضع حد لأخطار الأوبئة.

في الواقع، بتطبيق سيناريو «مثالي» -يقضي بدفن كل الموتى بطريقة آمنة، وبرعاية ٧٠٪ من المرضى- قامت مراكز المراقبة والوقاية من الأوبئة بمحاكاة اقتلاع الوباء من جذوره خلال أربعة أشهر. ثمة دائمًا ثمن يدفع مقابل التراخي: يُعَدّ الضحايا بدءًا من التاريخ الذي سينطلق فيه تطبيق هذا السيناريو بالآلاف (راجع المنحنى «ثلاثة سيناريوهات لوباء» في الصفحة المقابلة).

## حالة متفجرة

تلك المحاكاة مثيرة للإعجاب، وتفيد في مجال تجنيد المجتمع الدولي. يوضح عالم الأوبئة بيار إيف بويل Pierre-Yves Boelle (جامعة بيار وماري كوري في باريس) قائلاً: "لكنها لا تعطي مطلقًا أرقامًا موثوقة عن عدد ضحايا فيروس إيبولا. فمن المستحيل أن نتوقع ما سيؤول إليه الوضع بعد بضعة أسابيع".

لماذا تصعب النمذجة إلى هذا الحد حول تطور الوباء؟ ليس لأن عدد المرضى يبقى غير معروف فحسب، ولكن خاصة لأن علماء الأوبئة يفتقرون بوجه خاص للبيانات التي تمكّن من قياس متغير أساسي: وهو معدل تكاثر المرض.

تعريف هذا المعدل بسيط: المقصود هو عدد الأشخاص الجدد الذين نَقَل لهم مريض ما العدوى. يتابع بيار إيف بويل قوله: "إن كان أقل من واحد، تتراجع سرعة الوباء؛ وإن كان يتجاوز الواحد، يتسارع الوباء ويصبح الوضع متفجرًا؛ هذا ما حصل في غرب إفريقيا".

لكننا نلاحظ، خاصة في البلدان الملوثة، تقلبات كبيرة لهذا المعدل، وهذا حسب ترتيب الأماكن (مدن، أحياء فقيرة، أو ريف)، والسن، والحالة الصحية العامة، ومدى فعالية الخدمات الصحية. يتبيّن من الدراسات الأولية غير المكتملة أن معدل التكاثر يتأرجح بين ١,٥ و٢,٦.

يشرح سيمون كوشميز Simon Cauchemez،

### تذكير بالوقائع

في ٢٢ مارس ٢٠١٤: أعلم وزير الصحّة الغيني منظّمة الصحّة العالميّة بوباء إيبولا.

في ٨ أغسطس ٢٠١٤: حصد الوباء ألف قتيل تقريبًا، فأعلنت منظّمة الصحّة العالميّة عن "تشكّل حالة طوارئ صحيّة عامة تسترعي الاهتمام الدولي على مستوى العالم".

في ٢ سبتمبر ٢٠١٤: أعلنت رئيسة الأطباء من دون حدود أنّ "العالم يخسر معركة احتواء الوباء".

في ٢٣ أكتوبر ٢٠١٤: كشفت منظّمة الصحّة العالميّة عن سقوط ١٠ آلاف ضحيّة في غرب إفريقيا.

### تهديد يُسَاء تقديره في غرب إفريقيا

بحسب منظمة الصحة العالمية، فإن عدد ضحايا إيبولا مُستخف به. حتى نقدر مدى انتشار الوباء ينبغي ضرب عدد الحالات المحصية في ٢,٥ على الأقل.




JEROME DELAY/AP/SIPA

### ثلاث سيناريوهات لوباء

(كلما تأخر عزل ٧٠٪ من المرضى، يرتفع عدد الضحايا)

سبتمبر ٢٠١٤
أكتوبر ٢٠١٤
نوفمبر ٢٠١٤

عدد الحالات الجديدة في اليوم: ٥,٠٠٠ - ١٠,٠٠٠ - ١٥,٠٠٠ - ٢٠,٠٠٠ - ٢٥,٠٠٠ - ٣٠,٠٠٠

الوقت بالأشهر: ١٤/٠٨/٠١ - ٠٩/٠١ - ١٠/٠١ - ١١/٠١ - ١٢/٠١ - ١٥/٠١/٠١

المنتسب لمعهد باستور (فرنسا) والعامل في منطقة انتشار الوباء قائلاً: "نحتاج إلى معرفة مجريات الأحداث في الميدان قبل نمذجة الوباء وإعطاء أرقام وتواريخ صالحة".

## البلدان الغنية في مأمن...

فضلاً عن ذلك، فإن نسبة الأشخاص المتمتعين بالمناعة بعد أن طوروا أشكالاً لا أعراض لها للمرض مجهول. في الغابون، التي عانت انتشار الوباء في السابق، ١٥٪ من الأشخاص يتمتعون بحماية طبيعية من الإيبولا فيما لا يتذكرون مطلقًا بأنهم أصيبوا بالمرض. كم يبلغ عددهم في غرب إفريقيا؟ لا أحد يعرف عددهم بعد.

علينا أن ننتظر أسابيع عديدة قبل أن يحصل العلماء على أرقام موثوقة لإعطاء رؤية مستقبلية بخصوص هذا الوباء.

لكن من أين تأتي ثقة السلطات الصحية عندما تستبعد احتمال انتشار الوباء في البلدان الغربية؟ لا شك في أن الأنظمة الصحية متطورة هناك تطورا كبيرا، ولا مجال لمقارنتها بالبلدان المصابة. وثمة عامل مهم آخر يدفع علماء الأوبئة إلى الطمأنة إلى هذا الحد: الفترة الفاصلة بين الأجيال، أي المدة المنقضية بين ظهور الأعراض عند مريض معين وبين ظهور الأعراض نفسها عند شخص نَقل له العدوى. إن الفترة الفاصلة هي ١٥ يومًا مع فيروس إيبولا مقابل ٣ أيام للإنفلونزا مثلاً. هذا ما يفسر السبب الذي جعل السلطات تعتبر في العام ٢٠٠٩، أن الوباء العالمي لإنفلونزا الطيور كان محتمًا (حتى لو كان الفيروس خطرًا قليلاً، فقد انتشر حول العالم خلال بضعة أسابيع). بالنسبة إلى إيبولا، نلاحظ أن الإطار الزمني طويل بما يكفي لاكتشاف الأشخاص الذين هم على اتصال بالمريض. قد نشهد حالات متفرقة... لكن شبح الوباء لا يهدد البلدان الغنية. في المقابل، لم ينته هذا الشبح من تهديد غرب إفريقيا، وما زلنا عاجزين إلى اليوم عن توقع عدد الضحايا في تلك المنطقة..

**كارولين تورب**[2]

(1) LE NOMBRE DE VICTIMES D'EBOLA AUGMENTE TOUJOURS: JUSQU'OÙ L'ÉPIDÉMIE PEUT PRENDRE DE L'AMPLEUR?, Science & Vie 1167, P 46-47 (2) Caroline Tourbe

«كريسبر/كاس٩» CRISPR/Cas9

# سلاح العلاج الجينيّ الفتّاك[١]

تحت اسم «كريسبر/كاس٩» CRISPR/Cas9 تختبئ الأداة «ابحث-استبدل» التي كانت تنقص العلاج الجيني لإصلاح الحمض النووي. والهدف منها: معالجة أمراض لا تحصى ولا تعد.

بقلم: مارين كورنيو[٢]

إنه وعدٌ عانى اختصاصيو علم الوراثة ليَفُوا به؛ وهو الكشف في قلب جينوم شخص مريض عن مورثات فيها خلل، والقيام في الموقع ذاته «بجراحة ترميمية» للحمض النووي.

هذا يعطي الأمل في التخلص من الأمراض الجينية، ومن بعض أنواع السرطانات أيضًا، وأمراض المناعة الذاتية، بل حتى أمراض القلب والشرايين... هي أنواع أمراض كثيرة كانت حتى الآن تفلت من العلاج الجيني الذي ظل بعيد المنال.

## الرِّهانات

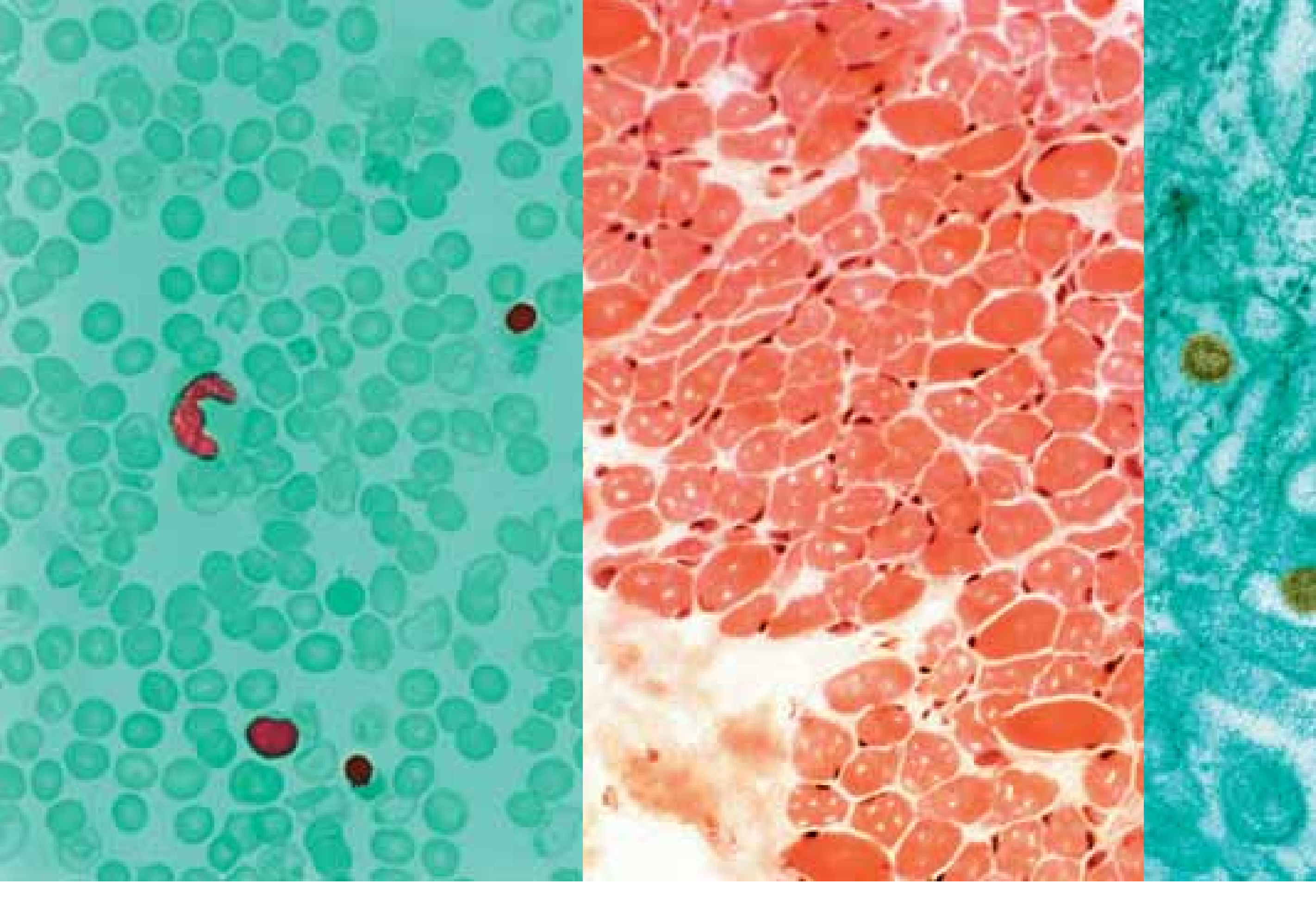
كان واضحًا منذ التسعينيات الميلادية من القرن الماضي، حين بدأت التجارب الأولى على الإنسان، أن التحكم في العلاج الجيني «تلك الجراحة الترميمية» للحمض النووي، بالغ الصعوبة. لهذا السبب لا تزال تطبيقاته محصورة في الأمراض النادرة أو الخطيرة بشكل خاص. لكننا شهدنا الآن قفزة نوعية في التقنية قد تُغيِّر المعطيات.

لكن منذ ثمانية عشر شهرًا، ظهر أن العلاج الجيني المثالي في متناولنا. والدليل على ذلك أن النجاحات تتوالى منذ الآن: جعل باحثون بعض الخلايا منيعة في وجه فيروس الإيدز، وعرفوا كيف يصلحون الطفرات المسببة للتليّف الكيسي والبيتا تلاسيميا Beta thalassemia (فقر دم وراثي)؛ كما نجح غيرهم في الوقاية من اعتلال دوشين العضلي Duchenne عند أجنة فئران مصابة؛ وتوصل باحثون آخرون إلى شفاء قوارض بالغة تعاني مرضًا جينيًا في الكبد.

لقد أصبحت الكثير من الإنجازات ممكنة بوصول أداة واحدة، تحمل اسماً يصعب لفظه: «كريسبر/كاس٩» CRISPR/Cas9. إنها أداة تسمح بتعديل جينوم أي كائن بقدر ما نشاء، بدقة وسهولة مذهلتين.

الباحثة الفرنسية إيمانويل شاربانتييه Emmanuelle Charpentier، عالمة الأحياء الدقيقة هي التي تسببت في هذا الوله العارم، وهي تعمل بمركز هيلمولتز Helmholtz للأبحاث في الأمراض المعدية (برونسويك Brunswick، ألمانيا)، وكذا في جامعة أوميا Umeå (السويد). تشرح شاربانتييه الوضع قائلة: "انقضَّ العالم كله على ذلك! علينا أن نعترف بأن ما كبح العلاج الجيني، كان بالضبط غياب الوسيلة الدقيقة والسهلة لبلوغ تعديل الجينوم".

بدا الأمر مع «كريسبر/كاس٩» كأن الباحثين اكتشفوا لمسة سحرية: وهي تسمح -على طريقة «البحث» في برنامج معالجة نصوص- بمسح جينوم كامل وتحديد سلسلة حمض نووي لقطعها... لن يبقى بعد ذلك سوى استبدال تلك السلسلة المقطوعة، على المقاس. وعندئذ يظهر خياران: يعود الحمض النووي ويلتحم وحده -عندئذ تُفكك المورثة



S.GSCHMEISSNER/CAROL UPTON/SPL/PHANIE - BIOPHOTO/GETTY IMAGES - DEA/BSIP

المستهدفة- أو ترَمِّم نفسها بنسخ نموذج يؤمنه الباحثون، مما ينشئ بالتالي مورثة جديدة أو يصحح طفرة.

لا شك أن تقنيات «تنقيح» الحمض النووي ساهمت في تقدم البحث خلال السنوات الأخيرة. لكنها ظلت مضنية، ومعقدة وباهظة التكلفة.

تتابع إيمانويل شاربانتييه -المرشحة للحصول في المستقبل على جائزة نوبل- وتقول: "ستعمم أداة «كريسبر/كاس٩» التعامل مع الجينوم. يمكن لأي مختبر أن يستعملها ويستهدف خلال بضعة أيام مورثة جديدة أو يعدّلها".

لكن كيف برزت تقنية كانت مجهولة منذ سنتين بهذه السرعة؟

عودة قصيرة إلى الوراء. يشير الاختصار «كريسبر» CRISPR -أي موضع صبغوي يحوي تكرارات عديدة مباشرة وقصيرة- إلى سلاسل قصيرة ومتكررة، نجدها في جينوم بكتيريا كثيرة. اكتشفها في العام ١٩٨٧ باحثون يابانيون، كانوا يجهلون وظيفتها في تلك الفترة، فغرقت في النسيان.

## حماية ذكية

علينا أن ننتظر عشرين عامًا لتفهم شركة غذاء دنماركية، تحاول تحسين تخمّراتها اللبنية، بأن الأمر يتعلق بنظام مناعة البكتيريا ضد الفيروسات.

إن سلاسل «كريسبر» متطابقة فيما بينها، وهي تتقاطع مع أجزاء من الحمض النووي تتغيّر من بكتيريا إلى أخرى: هب أن عينات من الفيروسات هاجمت البكتيريا في الماضي! فشّكل المجموع نوعًا من التصنيف الجيني للمهاجمين القدامى. ومن ثمّ، إذا ما هَمّ أحد تلك الفيروسات بالهجوم مجددًا، تتعرف البكتيريا على حمضه النووي... فتقطعه، وبذلك توقف كليًا محاولة الغزو!

في العام ٢٠١١، كشفت إيمانويل شاربانتييه النقاب عن الآلية. ففتحت الباب، دون أن تدري، لثورة أكيدة. وبمساعدة باحثة أمريكية، تدعى جينفير دودنا Jennifer Doudna، اكتشفت أن الأحماض النووية الفيروسية التي صنفتها البكتيريا، تُنسخ على شكل جزيئات صغيرة تدعى أحماض نووية ريبية، تعمل عمل الحراس.

ومن المعلوم أن تلك الأحماض النووية الريبية لا تقوم بدوريات منفردة: إنها تتحد بجزيئة كبيرة تدعى «كاس٩» Cas9، وتشكل معها اقترانًا مخيفًا. حالما يدخل فيروس معروف في البكتيريا، يكشف أمره الحارس -الحمض النووي الريبي- ويلتحم بالحمض النووي الفيروسي المكمل. فتتولى «كاس٩» مهمة تقطيعه مُوقِّعة بذلك على قرار إزالة هذا العدو.

تخبرنا عالمة الأحياء الدقيقة ←

**٨ أمل في علاج الإيدز، والاعتلال العضلي...**

تستفيد أبحاث مكافحة فيروس نقص المناعة المكتسبة (الأيدز) إلى جانب أمراض جينية عديدة (من اليمين إلى اليسار، خلايا مصابة بالأيدز، باعتلال دوشين العضلي، بالبيتا تلاسيميا) من أداة علاج جيني جديدة.

التي نُشِر عملها في مجلة «نيتشر» Nature في أغسطس ٢٠١٢، قائلة: "إنها المرة الأولى التي نشاهد فيها جزيئة «قاطعة» يوجهها حمض نووي ريبي. ثم، أظهرنا أنه من الممكن، في حال استعملنا حمضًا نوويًا ريبيًا من خيارنا، أن نقطع بطريقة دقيقة كل أنواع سلاسل الحمض النووي في المختبر".

## تقنية لا حدود لها

خلال بضعة أشهر، ثبتت الطريقة عند عشرين نوعًا نباتيًا وحيوانيًا. يتحمس جورج تشرش George Church –وهو اختصاصي في علم الوراثة بجامعة هارفارد بالولايات المتحدة الأمريكية، وأول من استعمل تلك «المقصات الجُزَيْئية» في الخلايا البشرية– قائلاً: "إن استعمال كريسبر/كاس٩ أسهل، بألف مرة، من التقنيات الأخرى، وخمس مرات أكثر فعّالية".

والتقنيات الأخرى؟ اُبتكرت منذ بضع سنوات، وتسمح بقطع موقع محدد من الجينوم، شأنها شأن الـ كاس٩. لكن عليها أن ترتبط مباشرة بالحمض النووي لأنها تفتقر إلى قيادة حمض نووي ريبي فضولي. لذلك ينبغي أن يتم تجميع كامل على المقاس لكل مورثة مستهدفة.

يشرح توان نغوين Tuan Nguyen، وهو اختصاصي في العلاج الجيني بالمعهد القومي للصحة والأبحاث الطبية Inserm (في مدينة نانت Nantes، بفرنسا)، قائلاً: "مع كريسبر/كاس٩، الوحيد الذي ينبغي أن يُعَدل هو الحمض النووي الريبي المرشد، وهذا أبسط بكثير. وهكذا فالحدود الوحيدة هنا هي الخيال!".

والأجمل من ذلك أن كريسبر/كاس٩ تقدم إمكانيات غير مسبوقة. فمثلاً، تعمل في آن واحد على مورثات عديدة، بحقن أحماض نووية ريبية مرشدة مختلفة في الوقت نفسه. وهكذا تم، عند فأر التجارب، تعطيل عمل ٥ مورثات في الوقت نفسه!

وفضلا عن ذلك، تضيف إيمانويل شاربانتييه قائلة: "يمكن أن نعدل كاس٩ لتتثبت على الحمض النووي من دون أن نقطعها، ونربطها بعناصر تحفز أو تكبح فعل المورثة المستهدفة. قد تحاكي الأداة أيضًا الآثار اللاجينية التي تسمح بتشغيل أو إيقاف تشغيل مورثة. سيغيّر ذلك المعطيات في الأبحاث".

يبدو أن التقنية واعدة أيضًا في علم الفيروسات. يضيف توان نغوين –الذي يعمل على الفيروس المضخم للخلايا– قائلاً: "تبقى فيروسات متعددة في حالة كامنة في الخلايا. يظل حمضها النووي، الخامل، قابعًا فيها. لكن الأداة كريسبر/كاس٩ تستطيع العثور عليه وقطعه".

وهكذا، في يوليو ٢٠١٤، قضى باحثون في جامعة فيلادلفيا (الولايات المتحدة الأمريكية) على فيروس فقدان المناعة المكتسبة في الخلايا المصابة، مع معدل نجاح غير مسبوق. استبانت الأداة كريسبر/كاس٩ الحمض النووي الفيروسي من دون صعوبة، مع أنه كان مختبئًا في صبغيات الخلية المضيفة.

يقول توان نغوين: "إنها أداة رائعة للدراسة، لكنها لا تزال غير مكتملة. يمكن إحداث قطع غير مرغوب فيه في الحمض النووي، وكما يحصل دائمًا في العلاج الجيني، يبقى التحدي في إيجاد وسيلة فعالة لإدخال الأداة كريسبر/كاس٩ في الخلايا التي نرغب في تعديلها".

والجدير بالملاحظة أن الأبحاث تتقدم بسرعة. وفي هذا السياق وجد

## كيف نصلح الحمض النووي على القياس




### ا- استهدفت مورثة فيها خلل

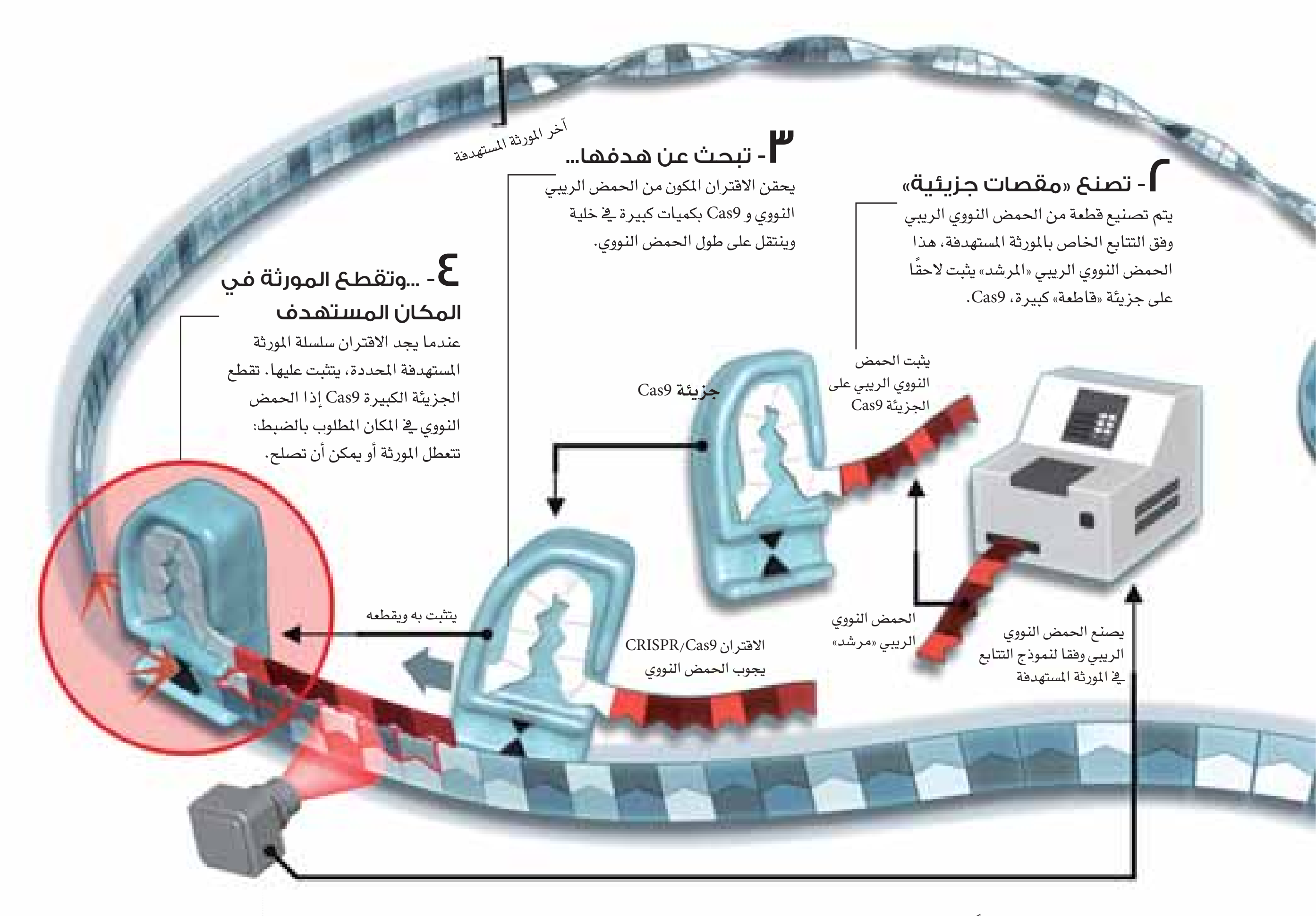
لتحديد مكان مورثة، نبحث في سلسلته عن تتابع القواعد (أحرف الحمض النووي: A، T، C أو G) التابعة له.

B.BOURGEOIS - HALLBANER/FIORETTI FOTOGRAFIE



إيمانويل شاربانتييه
EMMANUELLE CHARPENTIER
عالمة الأحياء الدقيقة
اكتشفت الأداة
CRISPR/Cas9

*إنها المرة الأولى التي نكتشف فيها جزيئة «قاطعة» بإرشاد من حمض نووي ريبي*




فريق جورج تشرش مثلاً، طريقة لتقليص عمليات القطع غير المستهدفة بعامل ١٠٠٠.

لن تبدأ الاختبارات السريرية قبل عدة سنوات، وهذا للتأكد من سلامة البروتين كاس٩ وتحسين التقنية. يعقّب جورج تشرش قائلاً: "بدأت أداة كريسبر/كاس٩ بتسريع العلاج الجيني والخلوي بقوة". لقد راهن تشيرتش المعروف بدوره الريادي في علم الوراثة على الكثير: فهو يعمل في خمس مؤسسات تراهن على أداة كريسبر/كاس٩، تلك الآلية البكتيرية البسيطة التي ستحدث ثورة في عالم الطب.

## لقد أُعلنت حربُ براءاتِ الاختراع

**كنا متأكدين من أن الأداة الساحقة كريسبر/كاس٩ ستثير اهتمام المستثمرين أيضًا. في أبريل ٢٠١٤، حصل معهد برود Broad، وهو مركز أبحاث شريك لمعهد ماساتشوستس للتقنية (MIT) وجامعة هارفارد (الولايات المتحدة الأمريكية)، على براءة الاختراع الأولى لهذه التقنية وتطبيقاتها. شكل ذلك صدمة لـ إيمانويل شاربانتييه، التي تعود إليها الملكية الفكرية. في انتظار حل النزاع، تعمل هذه الباحثة الفرنسية مع مؤسسة كريسبر ثيرابوتيكس CRISPR Therapeutics لاقتراح علاجات جينية مبنية على كريسبر/كاس٩ في أقرب وقت. منافستها؟ هي شركة إيديتاس ميديسين Editas Medicine، التي أسسها معهد برود ودعمها جورج تشرش وجينفر دودنا، الباحثة الأمريكية الشريكة في اكتشاف هذه الأداة. وقد شرعت شركات عديدة في اقتراح أدوات «جاهزة» مجمّعة ومشتقة من تلك التقنية، وهذا إلى جانب بنوك للأحماض النووية الريبية المرشدة. السباق انطلق للتو.**

*** للاستزادة**

للاطّلاع على عرض مفصَّل بالفرنسيّة لتقنية كريسبر/كاس٩ من إعداد توان نغوين، الرابط المباشر على

science-et-vie.com

(1) CRISPR/CAS9: L’ARME FATALE DE LA THÉRAPIE GÉNIQUE, Science & Vie 1166, P 94-97
(2) Marine Corniou

## مشروع تنظيم استعمال السيجارة الإلكترونيّة

# بين التبخير والتدخين، ماذا يقول العلم؟[١]

أُدخلت السيجارة الالكترونية سرًا إلى فرنسا في العـام ٢٠٠٧، ودخلـت منازلنا مـن دون إذن، وتجلـب إليها اليـوم الكثير من المولعـين –ثمة ما بـين مليون ونصـف ومليوني نسـمة يدخنون هذه السـيجارة. تعتبر فئة المبخريـن أن هذه الأخيرة بديل عن التبغ وتسـمح بالمحافظة على اسـتعمال مسلٍّ.

لكن يبقى النقاش العلمي مبهمًا بين مؤيديها، الذيـن يعتبرونهـا سـلاحًا مفضلاً في مكافحـة التبغ، وبين منتقديها الذين يهرعون لوضـع مبدأ الحذر في الواجهة.

بامتـداح إصـدار تنظيـم قانـوني قريب من تنظيـم التبغ، تطـرح سياسـات الصـحة العامة أخطار السيجارة الإلكترونية المحتملة... إلى حد قد يؤدي إلى حرمانها من فوائدها الممكنة.

وهكـذا، فإن المنـع في بعض الأماكـن العامة وحظر الإشـهار الواردين في خطـة مكافحة التبغ التي أعلنها في نهاية سبتمبر ٢٠١٤ وزيرة الصحة ماريسـول تورين Marisol Touraine، تماشـيًا مع توصيات منظمة الصـحة العالمية الأخيرة، يشكل موضع جدل.

قـد تُوَلِّـد الرهانـات الاقتصـادية نزاعـات مصـالح أيضًـا، وتلك الرهانات مهمة في أسواق «التبخير»، والتبغ، والبدائـل المرتبطة بالنيكوتين (راجع المربع «منافسـة شرسـة» صـفحة ١٢٤). تؤثـر تلك النزاعات من دون شـك على أصـحاب القـرار وعلـى العلمـاء، لكـن ينبغـي تجنـب كل المبالغات...

فعلى سـبيل المثال، منذ أبريل ٢٠١٤، تسـعى فرنسـا إلى تطبيع المنتجات المباعة على أراضيها والتصـديق عليهـا بإشـراك رابطـة التطبيـع الفرنسـيـة (AFNOR) وممثلـي المسـتهلكين، ومصـنعـي السـجائـر الإلكترونيـة... وبعض صناعيي التبغ. نشير إلى أن وراء التبخير، تختبئ أحيانًـا «بيـغ توباكـو» Big Tobacco، أي صـناعة السيجارة التي بدأت تستثمر في هذا القطاع الذي يشهد توسعًا كبيرًا.

لذلـك، يبدو أن المواقف لا يغلب عليها الطابع العلمـي. فمن جهة، يؤدي شـكلٌ مـن التزمت إلى الجانب السـلبي للسـيجارة الإلكترونية، المشـتبه بها بالضـرورة لأن المبخرين يسـوّقون لاستهلاك ممتـع، يشـجع الشـباب إلى الاقتداء بهـذا المثل السـيئ. ومن جهـة أخرى، يميـل المدافعون عنها إلى تجاهل كل الاعتراضات...

إذن، ماذا علينا أن نصدق؟ تقيّم مجلة العلم والحيـاة «Science & Vie» حالـة المعلومـات لأنـه حتى لو لم نحصـل بعد على منظـور كاف لتقييم سـلامتها ودورهـا في الإقلاع عـن التدخين، فقد بدأت الدراسـات التي تتراكم يوما بعد يوم بوضع وصف إيجابي لها.

### هل تم التأكد من سلامة السيجارة الإلكترونية؟

بالإجمـال، يتفـق الخـبراء علـى القـول بأن أخطارهـا على الصـحة لا تقارن بأخطـار التبغ. جادل بعضـهم مؤكدا أنها أقل بألـف مرة، إلا أن هذا الجزم لم يعتمد على أي أساس علمي.

إن الوجـود المحتمـل للمركبـات السـامة في

### تذكير بالوقائع

منـذ مـارس ٢٠١٤، صـار بيـع السيجارة الإلكترونية محظورًا على القاصرين. تنصّ خطة مكافحة التبغ التي أعلنها في ٢٥ سبتمبر ٢٠١٤ وزير الصحة (الفرنسي) على منع التبخير (أي تدخين السيجارة الإلكترونية) في المدارس، وفي وسائل النقل العمومي، وفي المساحات المغلقة المخصصة للعمل الجماعي. كما تنصّ على الحد من الإعلانات الإشهارية قبل تاريخ الحظر، وهذا طبقا لقرار أوروبي متوقع للعام ٢٠١٦.

L. VILLERET/DOLCE VITA




الهباء الجوي المستنشق في الوقت نفسه يرتبط بالسائل المستعمل وبطريقة تشغيل السيجارة الإلكترونية.

يقول جاك لو هويزيك Jacques le Houezec، وهو مستشار في الصحة العامة ومختص في الإدمان على التبغ: "مادة النيكوتين المستنشقة ليست سامة. لقد أزيلت مواد الإحراق المسرطنة، وأول أكسيد الكربون، المسؤول الرئيس عن التأثيرات على القلب والشرايين أيضًا". في نهاية يوليو ٢٠١٤، استنتجت مراجعة منهجية للدراسات المتوفرة أن بعض عبوات البخاخ قد تحوي مركبات سامة مثل الأكرولين أو الفورمالديهايد، لكن بمعدلات أقل بكثير مما يحويه دخان التبغ. تشير دراسة أخرى نشرها فريق الدكتور فارساليانوس Farsalinos (مركز جراحة القلب أوناسيس Onassis في أثينا) إلى وجود متكرر في السوائل الإلكترونية لمعدلات مرتفعة من ثنائي الأسيتيل أو الأسيتيل البروبيونيل، قد تؤدي إلى نتائج سلبية على المدى الطويل تمس وظائف التنفس. يقول فارساليانوس: "إنه خطر يمكن تفاديه" حيث نستطيع التخلص من مركبات تلك النكهات.

من الناحية العملية، تنحصر تأثيرات التبخير على المدى القصير في الأساس على تهيّج العينين والحنجرة. أما على المدى الطويل فيبقى الشك سيد الموقف في غياب المعطيات الكافية.

يعترف جاك لو هويزيك قائلًا: "يمكننا أن نتساءل فيما يتعلق بالمدى الطويل عن تأثيرات البروبيلين غريكول والغليسرين التي تحويها السوائل. تشير نتائج قدمت في سبتمبر ←

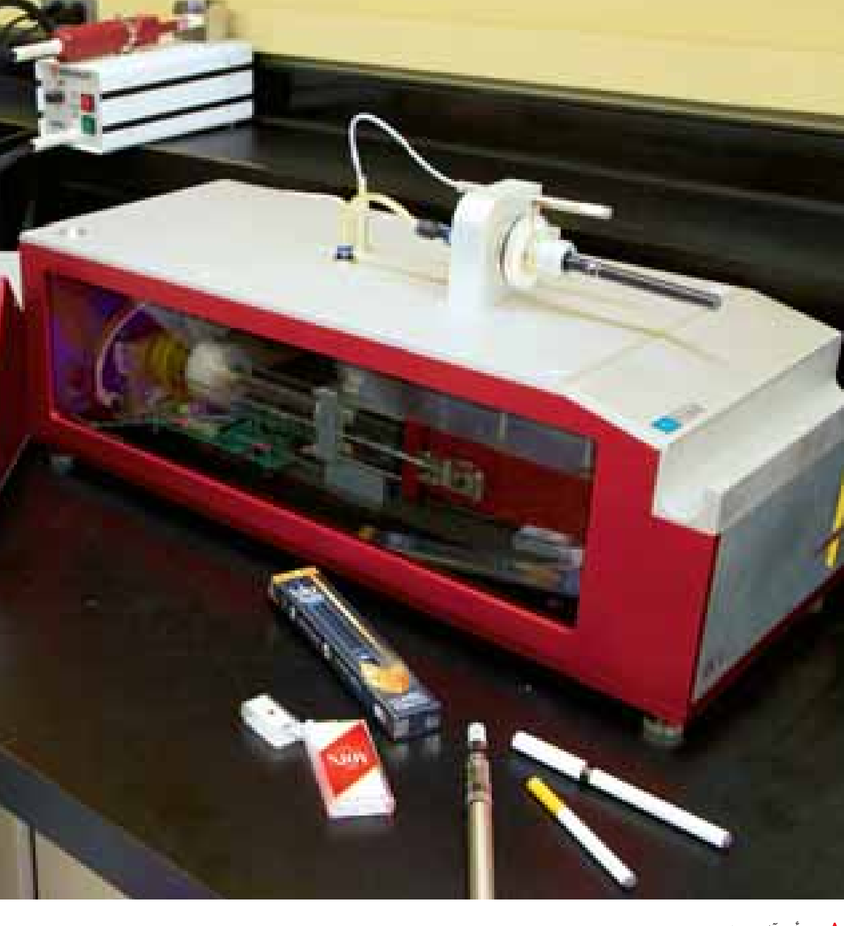
← ٢٠١٤ أمام مؤتمر جمعية التنفس الأوروبية (ERS)، إلى تأثيرات التبخير المضرة على وظائف التنفس، من بينها انتفاخ الرئة والربو. وقد تم الحصول على تلك التأثيرات من خلال دراسات محدودة على الفئران وفي داخل المختبرات، ولذا تظل هذه النتائج غير دقيقة. أما بالنسبة إلى الخطر السرطاني، الذي لا يمكننا أن نقيسه إلا بعد بضعة عقود من الآن، فيظهر حسب النتائج الأولية أنه أقل بكثير من الخطر الذي يتعرض له المدخنون.

### هل تُخفِّض السيجارة الإلكترونية من استهلاك التبغ؟

إن كان الإقلاع عن التدخين يشكل التحفيز الأول للمدخنين ليستعملوا السيجارة الإلكترونية، يظل الإقلاع الكلي عنه نادرًا ويواصل الكثير من المبخرين التدخين. في شهر مارس ٢٠١٤، استنتج تحقيق أمريكي بخصوص التبخير أنه "قد لا يُسَهِّل الإقلاع عن تدخين التبغ"؛ لكن الاستنتاجات التي نشرت في مجلة طبية مهمة بدت غير وثيقة الصلة بالموضوع بسبب الضعف المنهجي. وفي هذا السياق نشير إلى أن الدراسة النيوزيلندية الوحيدة التي أجريت وفق المنهجية المعيارية للدراسات السريرية (نذكّر أن السيجارة الإلكترونية ليست دواء)، والتي نشرت منذ سنة، تشير من جهتها، إلى ضعف فعالية السيجارة الإلكترونية في موضوع الإقلاع عن التدخين، وإلى تشابهها مع تأثير اللاصقات. لكن جاك لو هويزيك يصحح ويقول: "تلك النتائج تظهر خطأ في التقدير على نطاق واسع. إن المواد الحالية هي أكثر أداء من نموذج السيجارة الإلكترونية الذي تمت دراسته". نضيف أن فائدة السيجارة الإلكترونية بالنسبة إلى المدخن، تكمن في إمكانية تكييف النموذج والسائل بحسب الرغبة، وأنه من الصعب التوصّل إلى استنتاجات حول فعالية مادة ما أو سائل معين، كما نفعل بالنسبة إلى دواء.

يقول الأستاذ بيرتران دوتزينبيرغ Bertrand Dautzenberg، وهو رئيس مكتب الوقاية من التدخين (OFT) محددًا: "إن النكهات ضرورية لفعالية السيجارة الإلكترونية لأنها تجعلها جذابة". والمبخرون إن وجدوا ضالتهم، قد يتوقفون عن التدخين من يوم إلى آخر. لكن، لا شيء يؤكد أنها تمثل عاملا مساعدا أكيدا للإقلاع عن التدخين.

على كل حال، لم يعد يتردد الكثير من الخبراء على ربط تراجع مبيعات التبغ بازدهار السيجارة الإلكترونية المذهل. في أغسطس ٢٠١٤، سجل المرصد الفرنسي للمخدرات والإدمان على المخدرات تراجعًا في مبيعات السجائر (بالحجم) قدره ٨,٦٪ على مدى ١٢ شهرًا. أما العلاجات للإقلاع عن التدخين، فقد



ROSWELL PARK CANCER INSTITUTE-BUFFALO - DR

**∧ بدأت آلات التبخر تعطي نتائج موثوقة**
تم تحليل بخار السيجارة الإلكترونية في المختبر، وظهر أنه يحتوي النيكوتين بالإجمال، إلى جانب مركبات سامة، مثل الفورمالديهايد، الذي تتغيّر كثافته من نموذج إلى آخر.

## السوق: منافسة شرسة

**تم تقدير سوق السجائر الإلكترونية العالمي بـ ٣ مليارات دولار تقريبًا في العام ٢٠١٣. وقد بلغ مجموع المبيعات في فرنسا ٢٧٥ مليون يورو عام ٢٠١٣، مقابل ١١٤ مليون يورو في العام ٢٠١٢. فيما تم افتتاح المتجر الأول في العام ٢٠١٠، ونتوقع الوصول إلى ٢٥٠٠ نقطة بيع في العام ٢٠١٤. يبدو الرقم صغيرا مقارنةً بسوق التبغ (الذي يمثل تقريبًا ٧٠٠ مليار دولار في العالم و ١٨ مليار يورو في فرنسا). لكن إن ظل نمو السيجارة الإلكترونية يتصاعد بهذه الوتيرة فلا شك أنها ستتفوّق في نهاية المطاف على السيجارة التقليدية.**

هبطت إلى مستواها الأدنى منذ أغسطس ٢٠٠٣. إنها نزعة نشهدها أيضًا في بلدان أخرى... تبقى حصة السيجارة الإلكترونية في هذه الظاهرة مستحيلة التقييم. غير أن من كان في الأمس مترددًا في اعتبارها سلاحًا لتقليص الأخطار، بدأ يراجع مواقفه. يقدر ألبير هيرش Albert Hirsch، مدير رابطة مكافحة السرطان ونائب رئيس التحالف ضد التبغ (فرنسا)، قائلاً: "إنها تشكل أملاً حقيقيًا، لا يحق لنا أن نتجاهله".

## هل تشكل السيجارة الإلكترونية مدخلاً نحو التبغ؟

بحسب التحقيق الهاتفي للاستعلام حول السيجارة الإلكترونية ETINCEL-OFDT (المرصد الفرنسي للمخدرات والإدمان) الذي بُثّ في فبراير ٢٠١٤، تشكل السيجارة الإلكترونية مخرجًا! يرى الأستاذ دوتزينبيرغ، الذي يطالب بحظرها في الأماكن العامة باسم المثالية، أن "لا شيء يثبت، في الوقت الراهن، أنها مدخل نحو التبغ".

من جهة أخرى، أظهر تحقيق أنجز في إنجلترا أن استعمال السيجارة الإلكترونية ازداد عند الشباب بين ٢٠١٣ و٢٠١٤، إلا أن المدخنين (أو المدخنين السابقين) هم الذين يجربونها: ٩١٪ من الشباب لم يختبروها قطّ.

في غياب معطيات متينة، تتغلب المعتقدات على العلم. يقول ألبير هيرش: "اسم السيجارة بحد ذاته ليس بريئًا". يخشى خبراء من التقارب بين التبخير والتدخين، الذي قد يولّد خطر تطبيع التبغ، وأيضًا خطر الإدمان على النيكوتين. إلا أن غير المدخنين النادرين الذين يختبرون السيجارة الإلكترونية يختارون، بالإجمال، سوائل من دون نيكوتين. المتهم بذلك هو تأثير الموضة الذي يحفزّه تسويق جذاب. من هنا جاءت الرغبة في منع الإعلانات الإشهارية. وفضلا عن ذلك تطالب منظمة الصحة العالمية بمنع النكهات التي تميل إلى استهداف الشباب. هذا النوع من التدابير لا تدعمه الأغلبية، إذ يخشى بعضهم أن تقضي على السيجارة الإلكترونية في نهاية المطاف.

**ماريال مايو**(2)

نيكوتين

فورمالديهايد: من المحتمل أن يكون سامًا

**جاك لو هويزيك**
**JACQUES LE HOUEZEC**
مستشار اختصاصي بالإدمان على التبغ

*إن مادة النيكوتين المستنشقة ليست سامة لكن يمكننا أن نطرح السؤال عن التأثيرات على المدى الطويل لبعض المركبات السامة*

## للمزيد

- الحقيقة حول السيجارة الإلكترونيّة
**Jean-François Etter, October 2013, Fayard Ed.**
- السيجارة الإلكترونية للقضاء على التدخين؟
**Bertrand Dautzenberg, February. 2014, Ixelles Ed.**
- مدونة جاك لو هويزيك:
**http://jlhamzer.over-blog.com**
- موقع الرابطة المستقلة لمستعملي السيجارة الإلكترونيّة:
**www.aiduce.fr**

(1) PROJET D'ENCADRER L'USAGE DE L'E-CIGARETTE: ENTRE VAPOTER ET FUMER, QUE DIT LA SCIENCE?, Science & Vie 1166, P 44-47 (2) Marielle Mayo

# أيمكن أن نتحوّل إلى عباقرة؟ [1]

**قد نُخْلَق موهوبين، لكنْ أظهر بعض الأشخاص قدرات استثنائيّة بعد تعرّضهم لحادث ما. هل هذا يعني أنّنا نتمتّع كلّنا بقدرات استثنائية تنتظر أن تتحرّر؟**

بقلم: ليز بارنيو [2]

انقلبت حياة أورلاندو سيريل Orlando Serrell رأسًا على عقب في ١٧ أغسطس ١٩٧٩، خلال مباراة للبيسبول. كان في العاشرة من عمره. فيما كان يبدأ الركض السريع للوصول إلى قاعدته، رمى منافس له الكرة باتّجاهه فأصابت الكرة رأسه مباشرة من الجانب الأيسر. وقع، بقي على الأرض بضع ثوانٍ، ثم عاد ووقف وأكمل المباراة. يتذكّر أورلاندو أنّه لم يخبر والديه بما حصل، لكنّ رأسه آلمه وقتًا طويلًا. توقّف الصداع في نهاية المطاف، لكن ثمّة ما تغيّر فيه: أصبح يتقن «حساب الجدول الزمني». أعطوه تاريخًا، حتّى بفرق آلاف السنوات، سيعطيكم تلقائيًّا يوم الأسبوع المناسب له! لكن توقّعوا أن تصابوا بالذهول أكثر فأكثر: بعد سنة، أدرك أنّه يتذكّر بدقّة كلّ يوم عاشه منذ الحادث، حالة الطقس، أين كان، ماذا أكل اليوم، خُزِّنتْ في دماغه ذكريات أكثر من ١٢٧٠٠ يوم. وهذا كلّه لأنّ دماغه وجد نفسه على مسار كرة بيسبول. أمن الممكن أن نتمتّع كلّنا بمواهبَ نائمة من هذا النوع؟ أمن المحتمل أن نصبح عباقرة بطريقة أقلّ عنفًا من أورلاندو؟ قبل كلّ شيء، علينا أن نتساءل: ما العبقري؟ عندما نقول تلك الكلمة، نفكّر في أينشتاين، وليوناردو دافينشي أو موزارت، فكلّ واحد منهم أحدث ثورة في العالم في مجاله. لكن ماذا كان القاسم المشترك بينهم؟ هل هو حجم دماغهم؟ أم عدد >خلاياهم العصبيّة<؟ لم يكشف دماغ أينشتاين الذي حلّل منذ عقود على أيّ دليل من هذا النوع (راجع المربّع صفحة ١٢٨). إذن، ألديهم كلّهم نسبة ذكاء مرتفع؟ من المفترض في الواقع أن تقيس نسبةُ الذكاء، ذكاء شخص ما، ويصنّفه موهوبًا عندما تتعدّى نتيجته الـ ١٤٠. حاول علماء نفس في بداية القرن العشرين اكتشاف عباقرة المستقبل بإخضاعهم لهذا الاختبار، لكن من بين ١٥٠٠ طفل سجّلوا نسبة ذكاء تعدى الـ ١٤٠ والذين توبعوا بين ١٩٢٠ و١٩٥٠ في الولايات المتحدة الأمريكية، لم ←

**ما القاسم المشترك بين موزارت وأينشتاين وليوناردو دافينشي؟**

**إضاءة**

**الخلايا العصبية** هي الخلايا التي تؤمّن معالجة المعلومات التي يتلقّاها الجسم. نجدها بأعداد كبيرة في الدماغ.

← يلمع أيّ منهم بابتكارات استثنائيّة إلّا المؤلف راي برادبوري Ray Bradbury!

## نسبة الذكاء لا يصنع العبقرية

بعبارة أخرى، يبدو أنّ نسبة الذكاء عاجزٌ عن توقّع من سيلمع بفعل قدراته العبقرية من دون شكّ؛ لأنّه ينحصر فقط في بعض جوانب الذكاء، مثل المنطق. فـ موزارت مثلًا، وهو عبقري مُسلّم به في الموسيقى، كان يخفق في اختبار لنسبة الذكاء؛ لأنّه كان ضعيفًا للغاية في الرياضيات! في الواقع، نعدّ الذكاء اليوم مجموعة قدرات متنوّعة للغاية، تشمل القدرات الكلاميّة، وصولًا إلى السّهولة الاجتماعية، مرورًا بالمهارات في الرياضيات، والمنطق، والقدرات الحيزيّة، والموسيقى وما شابه. فثمّة إذن أنواع عدّة من العبقريات، منها مختصّ أكثر من غيرها، بحسب ارتفاع قدرة واحدة أو قدرات عدّة منها إلى مستويات شاهقة. بعض العباقرة في التاريخ يتمتّعون بمهارات شاملة حقًّا: ليوناردو دافينشي كان مخترعًا لامعًا، ورسّامًا ونحّاتًا ممتازًا، وكان أيضًا مهندسًا معماريًّا ومهندسًا مدنيًّا، وعالم طبيعة وفيلسوفًا. هذا النوع من الموهوبين، حتّى لو كانوا يتمتّعون باستعدادات عند الولادة، لا يمكنهم أن يرتقوا إلى ذلك المستوى إلّا بفضل تعليمهم، وبعد سنوات من العمل الصعب. أمّا أورلاندو سيريل، فقد اكتسب قدرات مذهلة محدودة أكثر، لكن كان من الكافي أن يتلقّى ضربة كرة بيسبول على رأسه.

إنها عبقريّة عَرَضيّة.

نعرف أيضًا فئة أخيرة من العباقرة، الذين نسمّيهم علماء <بالفطرة<، يُخلَقون وتُخلَق معهم موهبتهم أو مواهبهم. إليكم مثل كيم بيك Kim Peek الرجل الذي ألهم فيلم راين مان الشهير. كان ينجح بتلاوة كلمة تلو الكلمة من الكتب الـ١٢ ألفًا التي حفظها خلال حياته بوتيرة عالية؛ أيّ صفحة كلّ

## أين تختبئ عبقرية أينشتاين؟

قطع دماغ عالم الفيزياء إلى ٢٤٠ قطعة بعد وفاته بقليل، ولا يزال حتى اليوم يحير الباحثين. ادعى الكثيرون بأنهم اكتشفوا سر عبقريته، لكن دراساتهم تنطوي كلها على العيب نفسه: غياب تعريف ماهية الدماغ المعياري، التي ينبغي مقارنته بدماغ أينشتاين. بحسب طبيب الأمراض العصبية تيرينس هاينز Terence Hines الذي تمحّص بكل تلك الدراسات "لا إثبات على أن تركيبة دماغ أينشتاين قد تفسر قدراته العقلية". ثمة فرضيات فحسب.





HARVEY COLL. / OTIS HISTORICAL ARCHIVES/NMHM

## عبقري نتيجة حادث

### أورلاندو سيريل

بعد أن تعرّض أورلاندو سيريل في سن العاشرة لضربة كرة بيسبول أصابته مباشرة في الجانب الأيسر من الدماغ، ازدادت قوّة ذاكرته عشر مرات أكثر. وتلك القدرة تقدّمت مع السن: فبعد أن كان لا يتذكّر في البداية سوى طقس كلّ الأيام منذ الحادث، أصبح يتذكّر اليوم أدقّ التفاصيل التي حصلت معه خلال حياته.




عشـر ثوان. ومن النـادر أن يخطئ. كان إلى حدّ مـا يعـرف الإجابـة عن أسـئلة الثقافة العامّة كلّهـا. كان يتقن عزفَ كلّ المقطوعات الموسـيقية الكلاسيكية المهمة علـى البيانو، مـع أنّـه يعجز عـن قراءة توليفـة. كان يُظهر أيضًـا براعات فائقة في الحسـاب الذهنـي، مثـل جمـع عمود كامل من الأرقام الهاتفية خلال جزء من الثانية. وهذا منذ سنّ الخامسة!

## متلازمة العالم واسع المعرفة

لكن كانت لتلك القدرات الاستثنائية مـا يواجهها من أمـور سـلبيّة: كان كيم

**يتلو كتبًا عن ظهر قلب لكنّه لا يعرف ارتداء ملابسه**

عاجـزًا عن ارتداء ملابسـه وحده، أو أن يقود سـيّارة. في الواقـع، كان معاقًا بقوّة من الناحية الجسـدية والعقلية. يختصر عـالم النفس الأمريكـي دارولد تريفيرت Darold Treffert وهـو اختصاصـي في الموضـوع قائلًا: "عندما ترتبـط قدراتٌ عبقريّـةٌ ببعض الإعاقـات، نتكلّـم عند ذلـك على عـالم واسـع المعرفـة". إلّا أنّ هؤلاء العلماء الواسـعي المعرفة شـائعون بـين المصـابين بالتوحّـد: متوحّـد علـى

عشـرة تقريبًا يظهر قـدرات مذهلة، في مجـال الموسـيقى، كمـا في مجـال الفن، أو الرياضـيات، أو المهارة الميكانيكية، أو حتّى «في حسـاب الجدول الزمنـي». أمّا إعاقـة علماء آخرين واسـعي المعرفة فلا تظهر بسهولة. إن صـادفتم دانيال تامي Daniel Tammet في الشـارع مثـلًا، فلن تلحظـوا أيّ أمـر مميّز عند هـذا المؤلف الإنجليـزي البالغ ٣٥ عامًـا. توقّفوا عند شـرفة مقهى للتّحدث معه، وسـتلحظون أنّـه شـارد قليـلًا. لكـن عندمـا يُركِّـز، فحذار! فهو قادر في الواقع على حلّ ←

> **إضاءة**
>
> في علم الأحياء، نميّز بين **الفطرة** –القدرات التي يتمتّع بها الإنسان منذ ولادته– و**المكتسب**، الميّزات التي يحصل عليها خلال حياته.

MR. XERTY POUR SVJ



MR. XERTY POUR SVJ- ITV/REX/SIPA

## عبقري منذ الولادة

### كيم بيك

ولـد في العام ١٩٥١ وتوفي في العام ٢٠٠٩، حفظ المنجد عن ظهر قلب في سن الثالثة، ولم يتوقف عن جمع المعارف من الكتب. يخوّله استماع واحد إتقان القطع الموسيقية الكلاسيكية التي يعود ويعزفها على البيانو – من دون نوتة. وكان من جهة أخرى قادرًا على جمع عمود كامل من أرقام الهاتف خلال جزء من الثانية. لكنّه في الوقت نفسه كان معاقًا للغاية، كان يعجز عن التحرّك وحده. عندما فحص العلماء دماغه، لاحظوا أنّه يخلو من الجسم الثفني (راجع المربع صفحة ١٢٨)، الجزء الذي يربط نصفي المخ.

← أنـواع العمليات الحسـابية المعقّدة كلّها إلى حدّ الذهـول، مثل حسـاب ٣٧ أس ٤ خلال ثلاث ثوان! يمكنه أيضًا أن يسرد ٢٢٥١٤ رقمًا عشـريًّا من ($P$)، أو أن يتكلّم ١٢ لغة من بينها الإيسـلاندية التي تعلّمها في أسبوع.

ألّف دانيـال تاميت أربعة كتب عن قصّته، عن الأرقام وعن الرياضيات. ومع ذلك، لا يعاني سوى شكلًا خفيفًا من التوحد، يدعى متلازمة اسبرجر. ونستغرب عند دراسة شخصيتهم. يقدّر عددٌ متزايد من الاختصاصيّين أنّ قسمًا من العباقرة المهمّين السابقين كانوا مصابين أيضًا بتلك المتلازمة. هذا ينطبق على موزارت، وفان غوخ، وحتّى على أينشتاين؛ ما يحملنا إلى السؤال الآتي: أمن الممكن أن تتسبّب تلك التشوّهات في الدماغ المسؤولة عن تلك الإعاقة، بقدرة عبقرية معيّنة؟ يكشف دماغ المصابين بالتوحد أو بمتلازمة أسبيرجر في الواقع بعد تصويره في أثناء عمله، نشاطًا أقل من المعدّل في الجهة اليسرى.

الجانب الأيسر، ألا يذكّركم بمباراة بيسبول معيّنة؟ في الواقع بلى. أورلاندو سيريل، هذا الفتى العادي الذي أصبح <هايبرسيميثي> تلقّى ضربة الكرة على تلك الجهة من المخ أيضًا! هل تسبّبت الضربة بانخفاض في نشاط نصفه المخي الأيسر، مشابه بالانخفاض الذي يعيق مرضى التوحّد؟ من جهة أخرى، ربّما قد تكون مصادفة يسيرة.

**إضاءة**

**هايبرسيميثي**

يتمتع بقدرة استثنائية على تذكّر أحداث في ماضيه الخاصّ بما فيها الأحداث التافهة.

ربّما حدث له الأمر نفسه لو أصابته الكرة في الجانب الأيمن. للتأكّد من الجواب، يُستحسن أن ندرس حالات عباقرة >مكتسبين< غيرهم (راجع الإضاءة صفحة ١٢٩) من أمثال أورلاندو، الذين طوّروا –فجأة– موهبة استثنائية بعد صدمة. هذا أمر جيّد، نعرف نحو أربعين شخصًا من هذا النوع. وسنبدأ بحالة هذا الطفل في التاسعة من عمره، الذي بقي أبكم ومشلولًا جزئيًّا طَوال سنتين بعد أن أصيب برصاصة (من سلاح ناري هذه المرة) في الرأس. ثمّ بعد أن استعاد استعمال صوته، أظهر مهارةً ميكانيكيّةً استثنائيّةً، فيصلح المحرّكات المعقّدة، أو ينفذ قطعًا خشبية مثيرة للدهشة. اخترقت الرّصاصة دماغه من الجانب الأيسر.

**يحسب ٣٧ أس ٤ خلال ٣ ثوان من دون أيّ مساعدة!**

## الجانب الأيسر أم الأيمن، النتائج نفسها؟

هل النصف الأيسر هو الوحيد الذي يتأثّر عند ذلك الاكتساب المذهل؟ كلّا. فقد ألّف طوني سيكوريا Tony Cicoria وهو جرّاح ضربته الصّاعقة في سن الـ٤٢ قطعًا موسيقيّة، فيما لم يحصل على أيّ تدريبٍ موسيقيّ (راجع الصفحة ١٣٥). جيم كارولو Jim Carollo بعد حادث سيّارة في سن الـ ١٤، اهتمّ فجأة بعلم الهندسة، ونجح في الامتحانات من مستوى جامعي من دون أن يحضّر لها. ولدينا أيضًا حالة ديريك أماتو Dereck Amato، وهو في الـ ٣٩: فقد قفز في حوض سباحة فارغًا. وبعد بضعة أيام، اكتشف عند صديق له أنّه يعرف العزف على البيانو، وأمضى ستّ ساعات متواصلة، وهو يرقّص أصابعه على لوحة المفاتيح. حتّى ذلك الوقت، كان يمارس العزف على الغيتار، وكان عضوًا أيضًا في فرقة موسيقيّة صغيرة خلال شبابه، لكنّه لم يعزف قطّ على البيانو. في اليوم، إنّه عازف بيانو محترف. في تلك الحالات الثلاث، لوحظ الكثير من الآفات الدماغية، لكن ليس في الجانب الأيسر فحسب. فيما عالم النفس دارولد تريفيرت Darold Treffert يعطي أيضًا مثل أشخاص مسنّين يطوّرون مواهب فنية مثيرة للإعجاب، خاصّة في الرسم. فهم يعانون نوعًا من خرف يتسبّب به انحلال بعض المناطق الدماغية. يقول العالم محدّدًا: "أظهرت دراسة التصوير الطبي للدماغ أنّ الآفات تكمن في الأساس في النصف المخيّ الأيسر". بذلك، حتّى لو كانت الحالات نادرة للغاية، ولم تدرس كثيرًا لاستخراج نتائج حاسمة منها، لكن يمكننا أن نؤكّد من ناحية أخرى، أنّ اهتزاز الدماغ قد يؤدّي إلى ظهور قدرات عبقريّة. وإن كان لدينا الخيار، فـ «من الأفضل» إذن أن نضرب على الجانب الأيسر.

## الدماغ، طريقة الاستعمال

في هذه المرحلة، تفرض جولة صغيرة في الدماغ البشري نفسها. يتألّف إذنً من نصفين: الأيسر والأيمن، ويرتبطان بوساطة "جسم ثفني". يؤدّيان معًا العمل نفسه، ويعملان معًا مثل شبكة كبيرة، لكنّهما يظهران بعض الاختصاصات.

يشرح العالم المختصّ بالأعصاب ألان سنايدر Allan Snyder قائلًا: "يميل نصف دماغنا الأيسر إلى ترجمة العالم لإعطائنا تفسيرًا". يقضي أحد أدواره الأساسية في الواقع بتصفية كمّيّة المعلومات الضخمة التي تصلنا من العالم الخارجي، ثمّ نطابقها بأسرع وقت ممكن برسوم مخزّنة مبنيّة على تجربتنا السّابقة.

لنأخذ مثلًا محدّدًا. عندما تنظرون إلى شجرة، لا تدركون آلاف النقاط الخضراء أكثر أو أقلّ، والصفراء والزرقاء، والسمراء التي تؤلف تلك الصورة: ترون حالًا شجرة؛ لأنّ ←

### عباقرة أم دجالين؟

قد يكون هناك تسرع في إعلان جايسون بادجيت عبقريًا بعد أن تعرض للضرب المبرح خلال عراك في العام ٢٠٠٢، يخبر أنّه يرى العالَم منذ تلك اللحظة على شكل معادلات: "أرى أجزاء من نظرية فيتاغورس في كلّ مكان. كلّ منحنى صغير، وكلّ حلزون وكلّ شجرة جزء لا يتجزأ من تلك المعادلة"، بحسب شرح بائع الأثاث السابق الذي لم يكن يهتمّ بالرياضيات مطلقًا قبل تعرّضه للحادث. يمثّل منذ تلك اللحظة رؤياه على شكل رسوم، ويعيش من المتاجرة بها. لكن جان فرانسوا كولونا، العالم بالرياضيات المختصّ في التشكيل يرى في عمله هذا دجلًا: "تلك الرسوم لا تناسب أيّ واقع في الرياضيات. كلّ رسومه مبنيّة نسبيًا على مبدأ الوريدة التي نؤدّيها في المدرسة الابتدائية، وتبقى ثنائية الأبعاد بعيدة للغاية عن تعقيدات المعادلات الرياضيّة". يضيف سيدريك فيلاني **Cédric Villani** الذي حصل على ميدالية فيلدز (تعادل جائزة نوبل في الرياضيات) في العالم ٢٠١٠ قائلًا: "تلك الرسوم الجميلة لا تعني شيئًا كثيرًا لعالم بالرياضيات". بعبارة أخرى، يرى جايسون العالَم من دون شكّ بطريقة مختلفة جذريًّا منذ الحادث الذي تعرّض له، لكن طريقته بإعلان نفسه عبقريًا قد تكون ضربة إعلانيّة.

## إضاءة

ابتداءً من العام ١٨٦٠، يرسم **الانطباعيّون** لوحات يسيطر فيها الشعور بالطبيعة وإدراكها على واقعية التفاصيل، مونيت ورونوار أو سيزان جزء لا يتجزّأ من ذلك التيار.

**الفصّ الصدغي** هو الجزء من الدماغ الواقع وراء الصدغين، إلى جانب الجمجمة. إنّه موضع الوظائف الحسّيّة المهمّة، لا سيّما الكلام.

← نصفكم المخّيّ الأيسر لصق ملصق «شـجرة» علـى مجموعة النقـاط تلك... لكـن مـاذا سـيحدث إن كبحتـم عمله؟ يؤكّد العالم بالأعصـاب أنّنـا ننتبه فجأة أكثر إلى تفاصيـلَ كنّا نجهلها حتّى الآن، وبحسـبه، إن نزعنا فلتر الدّماغ الأيسر، مـن المحتمـل أن تظهـر الشـجرة مثـل فسيفسـاء من نقاط الألوان، على طريقة لوحات **>الانطباعيين<** (راجع الشـكل في الأسفل).

للوهلـة الأولى، هـذا أقـلّ عمليـةً، بالطبـع؛ لأنّكم تحتاجـون إلى وقت أطولَ للتعـرّف إلى شـجرة. لكـن مـن جهـة أخرى، يسـمح ذلك بنزع فلاتر صاغتها سـنوات من التجربة والنظـر إلى العالم بعـين جديـدة. لكـن، ألَا تنبثـق الأفـكار العبقريـة بتلـك الطريقـة؟ ألا تحصـل معظم الاكتشـافات بتلـك الطريقة، بعد تجاهـل الأفـكار المُسـبَّقة؟ فيمـا يتعلّق ببعض الباحثين، فإنّ مـهـارات العلمـاء واسـعي المعرفـة وغيرهـم مـن العباقرة المذهلـة، يسـبّبها -إذن- نـوع مـن «السـيطرة» علـى النصـف المخـيّ الأيمـن: إمّـا لم يَنْـمُ النّصـف المخيّ الأيسـر بطريقة طبيعيـة، وإمّا قد تعرَّض للتلف من صـدمة قوية. وقد يكون النصـف المخي الأيمن قد نمـا للتعويض عـن ذلـك النقص. مـن هنا، نعـرف أنّ خلايـا عصـبية جديـدة تخلـق كلّ يـوم تحـت جمجمتنـا، حتّى عنـد البالغ. عند الحاجـة، إنّها قـادرة على خلق شـبكات جديدة مـن الخلايا العصـبية. لكن من يتكلّـم على شـبكات جديدة يتكلّم أيضًـا على مهـارات جديدة، ومعـارف جديدة. هذه فرضـية شائعة عند الباحثين، تفسّر كيف يكتسـب هؤلاء الأشخاص، بطريقة عرضـية، مهارات غير اعتيادية بالفعل.

**المخترعون هم الذين يرون العالم بطريقة مختلفة**

وثمة نظرية أخرى مذهلـة كلّيًّـا: تلك القدرات الجديدة لـم تنشـأ من اتّصـالات غيـر مسـبوقة. بـل هي قائمة في الواقع في كلّ دماغ من أدمغتنا! لكـن تلـك الاتّصـالات المعينـة لا تسـتعمل كما لا نسـتعمل مفارق مسدودة مـن الطـرق العامّـة. يقول عـالم النفس داورلـد تريفيرت: "أنـا مقتنع بـأنّ تلك المهـارات العبقرية كامنـة في دماغنا من قبل، لا تنشأ تلقائيًا للتعويض عن نقص: إنّها تنـام في كلّ واحد منا. لكن نصـفنا المخـي الأيسـر يمنعها مـن التعبيـر، إنّه يخنقها". حسـب هـذا العـالم، أنّه عند أورلانـدو سـيريل وزملائـه، أدّى حادث

### كيف يفرض النصف المخي الأيسر رؤيته للعالم؟

عندما نتأمّل منظرًا طبيعيًّا، تمرّ في عينينا لوحةٌ مضيئةٌ مؤلّفة من نقاط ملوّنة، تمرّ من خلال عينينا وتصل إلى دماغنا. لكن لا فكرة لدينا بعد عمّا تمثّله.

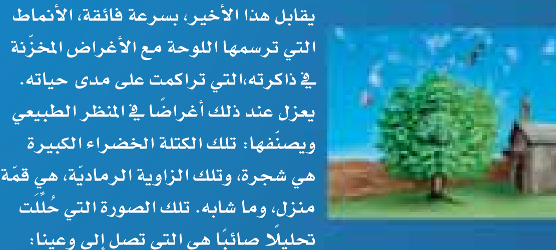










**في حال عولجت المعلومات في النصف المخي الأيسر**

يقابل هذا الأخير، بسرعة فائقة، الأنماط التي ترسمها اللوحة مع الأغراض المخزّنة في ذاكرته،التي تراكمت على مدى حياته. يعزل عند ذلك أغراضًا في المنظر الطبيعي ويصنّفها: تلك الكتلة الخضراء الكبيرة هي شجرة، وتلك الزاوية الرماديّة، هي قمّة منزل، وما شابه. تلك الصورة التي حُلّلت تحليلًا صائبًا هي التي تصل إلى وعينا: لهذا السبب نعرف ما نراه.

**في حال لم يؤدِّ نصف المخ الأيسر عمله**

سيتطّلب عمل التّصنيف هذا وقتًا أطول بكثير، أو لن يتمّ مطلقًا. والصّورة التي تصل إلى الوعي هي مجرّد صورة ترجمتها دوائر دماغية أخرى "أقلّ صياغة". قد نراها مثلًا بالقوّة الضوئية فقط، ومنقّطة مثل لوحة انطباعية، أو مثل أشكال هندسية غير متوقّعة. باختصار، بطريقة غير مسبوقة؛ أي عبقرية محتملة.

SOPHIE JACOPIN POUR SVJ



## عبقري نتيجة حادث

### ألونزو كليمينز

حتّى سن الثالثة، كان ألونزو كليمينز طفلًا طبيعيًا. لكنّه وقع على رأسه؛ ما تسبّب بتلف في دماغه. اليوم، أصبح بالغًا. لكنّ نسبة ذكائه لا تتعدّى الأربعين. لكن بالمقابل، بعد فترة وجيزة من الحادث، اكتشف أنه يتمتّع بمهارة استثنائية في النحت: نظرة سريعة على صورة وبعض الطين يكفيان؛ ليصنع تمثالًا صحيحًا من الناحية التشريحية يمثّل أيّ حيوان كان، من دون أن ينسى أدق التفاصيل. اليوم يعيش من فنّه. تحفته الأشهر: ثلاثة أحصنة تعدو أنجزها من ذاكرته بمقياس واقعي، وخلال بضعة أيام فقط.

إلى القضاء على سيطرة الدماغ الأيسر، ورفع السّدّ الذي يمنع تلك الروابط المبتكرة من الاستعمال.

## عبقرية في كل واحد منا؟

إن كانت تلك النظرية صحيحة، فستكون نتائجها استثنائية: فهذا يعني أنّ كلّ واحد منا يمكنه الوصول إلى العبقرية، إذا تمكنا من إيجاد طريقة أقلّ عنفًا من ضربة على الرأس لتخفيف سيطرة دماغنا الأيسر!

بالطبع، انكبّ بعض العلماء بسرعة على ذلك المسار المغري. يدير ألان سنايدر مركز الفكر في سيدني، أستراليا. يخضع، منذ عشر سنوات، عشراتُ المتطوّعين لتجربة غير مسبوقة. يضع لهم على رأسهم قلنسوة غريبة الشكل مزوّدة بأقطاب كهربائية، ثم يرسل تيّارًا كهربائيًا خفيفًا (تيار متردّد أو مستمرّ) على مستوى الصدغ الأيسر، باتجاه <الفصّ الصدغي<، إحدى مناطق الدماغ الأكثر إصابة عند العلماء واسعي المعرفة. تلك التنبيهات طالما تستمرّ، تُبطّئ بقوّة نشاط الخلايا العصبية في تلك المنطقة من الدماغ؛ ما يحاكي تأثيرات آفة دماغية أو خلل دماغي.

تحت قلنسوتهم، يتعيّن على الخاضعين للتجربة أن يرسموا، ويعدّوا الأغراض، أو يحلوا أنواع المسائل كلّها. وبعض النتائج مثير للذهول. لنأخذ مثلًا اختبار النقاط التّسع. إنّه لغز يعرف عنه أنّه يستحيل تحقيقه منذ أكثر من ←

### تمرين لنصبح عباقرة؟

قد يصنف بعض الأشخاص على أنهم عباقرة بتذكّرهم أكثر من ٣٥٠ رقمًا أُملي عليهم بوتيرة رقم في الثانية، أو ما يقارب ٦٨ ألف رقم عشريّ من ($P$). في الواقع، تلك المهارات المذهلة هي نتيجة تمرين؛ لأنّ الذاكرة البشريّة أقوى أداءً ممّا نتصوّر، وثمّة تقنيات تعود إلى آلاف السنوات تنجح في تنميتها. تعتمد تلك «الحيل» كلّها نسبيًّا على تقنية تسمّى «قصرَ الذاكرة»، التي تقضي بتحويل العناصر التي ينبغي تذكّرها بالصور المبتكرة والمثيرة بالتحديد، ثمّ وضعها بطريقة افتراضية، في مكان مألوف. مع هذا النوع من الوسائل، يصبح من الممكن بعد بضعة أسابيع من التدريب بحفظ ترتيب ورق لعب الـ ٥٢ خلال أقلّ من دقيقة!

MR. XERTY POUR SVJ

← خمسين سنة. التحدّي: الربط بين ٩ نقاط باستعمال ٤ خطوط مستقيمة، من دون المرور مجدّدًا على سطر ولا رفع القلم (راجع المربع «لغز النقاط التسع» في أسفل الصفحة المقابلة). قبل التحفيز الكهربائي، لم يتمكن أيّ متطوّع من إنجاز التّمرين. لكن بعد ١٠ دقائق من التعرّض الكهربائيّ في الجانب الأيسر من الدماغ، نجح ٤٠٪ منهم بحلّ اللغز!

يشرح ألان سنايدر قائلًا: "نرى عادة تلك النقاط التسع مثل مربّع مع حدود ثابتة. لكن حالما نكبح هذا الرسم، نصل إلى احتمالات جديدة". لذلك، من أجل ربط النقاط التسع بأربعة خطوط مستقيمة، ينبغي الخروج من المربّع الذي تشكّله تلك النقاط بالفعل، وقبول تخطّي تلك الحدود العقلية التي تفرضها علينا رؤيتنا المتصورة سلفًا، ولهذا ينبغي المرور بنقاط خيالية خارج الإطار.

**مع أقطاب كهربائية على جمجمتهم، يخضعون للاختبار المستحيل...**

## أجمل من أن يكون حقيقة؟

أحدثت تجربة أخرى مفاجأة كبيرة: وهي تجربة عدّ الأغراض. ينبغي لـ ١٢ متطوّعًا أن يقدّروا عدد الأغراض (التي يتراوح عددها بين ٥٠ و١٥٠) التي تمرّ خلال ١,٥ ثانية على شاشة. من بينهم حسّن ١٠ تقديراتهم بعد التحفيز. لكنّهم فقدوا كلّ الفائدة بعد ساعة. يقول ألان سنايدر: "يقضي التّحفيز على ميلنا بالرغبة في جمع الأغراض بنماذج لها معنى، كما نجمع النجوم بكوكبة مثلًا. عندما ننزع ذلك التداخل، يصبح من الأسهل تحقيق تقديرات رقمية. أمّا التجارب «الفنية» فيصعب تقديرها، حتى لو وصفت رسوم بعض المشاركين بأكثر واقعيّة".

أجريت تجارب مشابهة خارج المركز على طريقة سنايدر وأتت النتائج محدودة للغاية، أو بالأحرى تافهة. والأسوأ: حاول فريق من جامعة فليندر في أستراليا إعادة نسخ التجارب نفسها، من دون أن يتوصّل إلى استبانة أيّ تأثير مهمّ، على الرسوم ولا على القدرات الحسابية. يكاد روبين يونغ Robyn Young يندم وهو المشارك في الدراسة قائلًا: "قد تنجح التجربة على بعض الأشخاص، لكن بخلاف بعض الحالات المحددة، لا نشهد زيادة متوسّطة في القدرات الفكرية بفضل تلك التقنية". ينبغي أن نعترف أنّ دراسات ألان سنايدر تتضمّن بعض نقاط الضعف: تتناول عددًا قليلًا من الأشخاص، ومن يتلقّى التحفيز يشعر بذلك بسهولة، بعد ذلك فإنّ «تأثير العلاج الوهمي» قد يلعب دورًا. كلّ شيء يبدو إذن أجمل من أن يكون حقيقيًّا.

لكن ذلك لا يمنع تجارب ألان سنايدر من إيجاد تأثير لا يصدق خارج الجماعة العلمية. يكثر عدد متعددو الحرف الذين يصنعون في منزلهم أجهزة «تحفّز» دماغهم من خلال تيّار خفيف مستمرّ،

عرضت فوكوس في مايو ٢٠١٣ قناعًا مزوّدًا بأقطاب كهربائية (الصورة أدناه) للبيع، بعد أن استمدّت الفكرة من ألان سنايدر (إلى اليسار)، وهذا القناع من المفروض أن يزيد قوّتكم العقلية الدافعة. بيعت منه ٣ آلاف نسخة (٢٠٠ يورو مقابل القطعة الواحدة) في بضعة أسابيع.

COURT. OF ALLAN SNYDER

FOC.US

يوضع عادة في الجهة اليسرى لتخفيف نشاطه.

## انتبهوا من المشعوذين المبتدئين

نرى، بعد ذلك، على شبكة الإنترنت أفلامَ فيديو لرجال ملفوفين بأسلاك كهربائية، مع إسفنج على جبينهم، بدلًا من أقطاب كهربائيّة، ويدّعون أنّهم يعزفون الموسيقى بصورة مميزة، ويتعلّمون لغة بصورة أسرع أو يتقدّمون في ألعاب الفيديو. يتضمّن هذا كلّه الكثير من التمثيل، ويصعب اليوم تمييز الصحّ من الخطأ. لكنّ المؤكد هو أنّ هؤلاء «المشعوذين المبتدئين» يثيرون قلقَ الكثير من الأطباء؛ لأنّ التقنية لا تخلو من الأخطار. عندما لا تكون الأقطاب الكهربائية مضبوطة، قد تتسبّب بحروق، وصداع، وحتّى بحالات أسوأ من ذلك. أحصينا بعد ذلك حالة من فقدان الوعي، وقد تبلغنا أيضًا عن حصول نوبات صرع! أظهرت دراسة حديثة أنّه في بعض الحالات، تلك التحفيزات تحسّن القدرات الحسابية خلال التجربة. لكن حالما تنزع الأقطاب الكهربائية، نعود مُخفقين بقدر السّابق. بعكس الأشخاص الذين يقومون بالتمرينات نفسها من دون تحفيزات؛ لأنهم يتعلّمون من فرط ما يتمرّنون! بكلام آخر، ليس علينا أن نحلم، العبقرية تحت الطلب لن نتوصل إليها في الوقت الحالي. يتخيّل فيرنان غوبي Fernand Gobet وهو عالم في العلم النفس المعرفي في جامعة ليفربول (إنجلترا) أنّه بوسعنا استعمال تلك التحفيزات لخلق حالات من العبقرية تحت الطلب: "حالما نسيطر على التحفيز الكهربائي للدماغ، يمكن أن يستعملها باحثون أو فنانون لتأمين فترات من الخلق الإبداعي لهم..." لكن يبقى أن نتمتّع بالقدرات لاستعمال تلك النعمة الدماغية؛ أي أن نتمتّع بموهبة قويّة! ■



MR. XERTY POUR SVJ

## عبقري نتيجة حادث

### طوني سيكوريا

في نيويورك، في العام ١٩٩٤، كان يجري اتّصالًا هاتفيًا في حجرة للهاتف عندما ضربته الصاعقة. باستثناء بعض المشكلات في ذاكرته في الأسابيع التّالية، نجا من دون إصابات تذكر. لكن بدأ يصيبه هوس بالموسيقى الكلاسيكية. كان عازف روك مقبولًا على الجيتار قبل الحادث، لكنّه أصبح مؤلفًا وعازف بيانو محترفًا. تدعى قطعته الموسيقيّة الأولى سوناتة البرق.

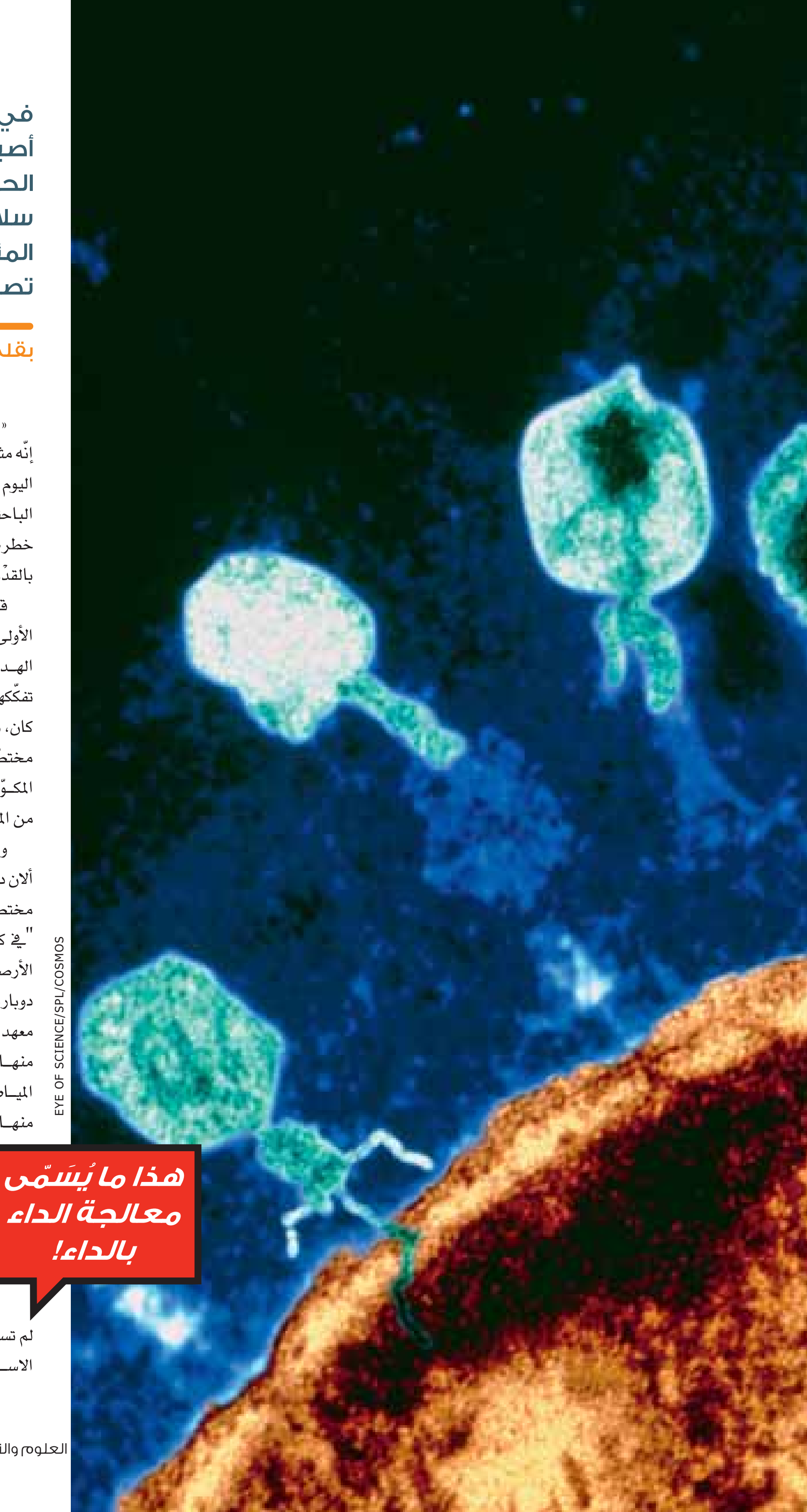
## لغز النقاط التسع

كيف نربط تلك النقاط التسع بأربعة سطور من دون أن نرفع قلمنا؟ قد لا يتمكن دماغ عادي من حل تلك المسألة غالبًا، لأننا نرى تلك النقاط آليًا كشكل واحد، مربع: إنه فعل آخر من أفعال نصف الكرة المخية الأيسر! وبصورة غرائزية، كما نفعل عندما نحل الكلمات المتقاطعة، نمتنع عن رفع قلم الحبر مع أنه يكفي من ذلك المربع الخيالي ليجد المسار السحري!


(1) PEUT-ON DEVENIR UN GÉNIE, Science & Vie Junior 301, P 28-37
(2) Lise Barnéoud

# الفيروسات لتقديم العون[1]

إن تلك الكائنات الخضراء ذات القوائم، والتي تبدو خارجة من الألعاب كنوع من غزاة الفضاء هي من العاثيات. تلتصق بسطح بكتيريا (بالأصفر)، وتدخل فيها خيوط الحمض النووي. حالما تصاب البكتيريا بالعدوى، يقضى عليها...




## في مواجهة الجراثيم التي أصبحت مقاومة للمضادّات الحيوية، لجأ الباحثون إلى سلاح طبيعيّ مئة في المئة: الفيروسات التي تصيبهم بالعدوى!

بقلم: فاليري دوفيلان [٢]

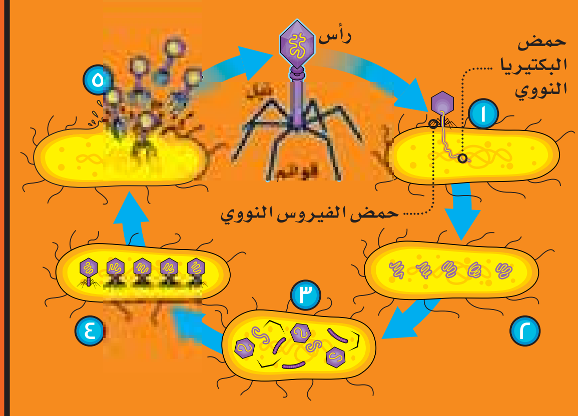
«أعداء أعدائي هم أصدقائي!» تعرفون المثل. إنّه مثل قديم، لكنّه أصبح مثلَ السّاعة في الطبّ اليوم أكثر من أيّ وقت مضى. تصوّروا إذن، يريد الباحثون أن يكلّفوا جراثيم، من المحتمل أن تكون خطرة، مَهَمّة حمايتنا من جراثيمَ أخرى خطرة بالقدْر نفسه!

قد تبدو لنا الفكرة مجنونة قليلًا للوهلة الأولى، لكن تلك الأبحاث جديّة للغاية: يقضي الهدف بمكافحة الجراثيم بوساطة فيروسات تفكّكها كليًا. انتبهوا، لا يستعملون أيّ فيروس كان، بل عاثيات (حرفيًّا «لاقمات البكتيريا»)، مختصّة في اقتفاء أثر البكتيريا وتدميرها، مثل المكوّرات العنقودية، والمكوّرات الرئوية، وغيرها من المكوّرات.

وأين نجد تلك الفيروسات القاتلة؟ يقول ألان دوبلانشيه Alain Dublanchet، وهو طبيب مختصّ بالعلاج بالعاثية أو (Phage Therapy): "في كلّ الأماكن التي تكثر فيها البكتيريا: على الأرصفة، في المياه الآسنة...". ويضيف لوران دوباربيو Laurent Debarbieux وهو باحث في معهد باستور في باريس بفرنسا قائلًا: "سنجمع منها مرّة في الشهر على مدخل محطّة تنقية المياه. هناك نجد الأعداد والنوعية الكبيرة منها". هذا مقرف؟ قليلًا، أجل! لكن حالما نستخرجها من حمّامها المقرف، تصبح فعاليّة تلك الفيروسات هائلة. بعد ذلك، يمكن علاج جرح مصاب بوضع محلول من العاثية عليه. ويمكن أيضًا أن نعالج إصابة في الرئتين «بتنشّق» فيروسات قاتلة للجراثيم. لم تسمعوا قطّ عن تلك الطريقة؟ هذا لأنّها قليلة الاستعمال للغاية. بالإجمال، نعالج العدوى ←

← بالمضادّات الحيوية. أنقذت تلك المواد الكيميائيّة ملايين المرضى منذ أكثر من سبعين عامًا. وقد رفعت حتّى متوسّط العمر المتوقّع العالمي أكثر من عشر سنوات. لم يسجّل أيّ دواء آخر نتيجة أفضل منها! لكن، أصبح مفعول المضادّات الحيويّة يتضاءل اليوم؛ لأنّ عددًا متزايدًا من البكتيريا أصبح مقاومًا لتلك الجزيئات؛ هذا لأنّها مثل كلّ الكائنات الحيّة، تتكيف مع الوقت وتتكاثر بسرعة هائلة. من بين المليارات من تلك الجراثيم التي تظهر كلّ دقيقة، ثمة دائمًا من شهد <طفرات>، واكتسب القدرة على مقاومة هذا المضادّ الحيويّ أو ذاك؛ إمّا لأنّها تعلّمت تدميره،

## بكتيريا ملتهمة من الداخل




تتشبّث العاثية بجدار البكتيريا بوساطة «قوائمها». وتحقن بالداخل حمضها النووي (الجزيئة التي تحمل «خطّة تصنيعها») وبروتينات (١). تتحكّم تلك الجزيئات الكبيرة بمصنع البكتيريا الإحيائي؛ لمضاعفة الحمض النوويّ الفيروسيّ (٢). في موازاة ذلك، يبدأ العمل على صنع أقسام جسم الفيروس (رأس، «قوائم» وذيل) (٣). ثمّ، تجمع كلّ تلك الأقسام لتشكيل مجموعة من الفيروسات الجديدة (٤). لا يبقى سوى تفكيك البكتيريا؛ لتحرير شحنتها القاتلة من الفيروسات الجديدة (٥). وتنقل هذه الأخيرة العدوى إلى بكتيريا أخرى.

ANTOINE LEVESQUE POUR SVJ

**إضاءة**

**طفرات**
خلل في نسخ مورّثة نُقلت من خلية إلى خليفاتها. تختلف النتائج بحسب المورّثة المتغيرة. قد لا تكون الخلية قابلة للحياة، أو قد تكتسب قدرات جديدةً، مثل مقاومة البكتيريا للمضادّ الحيويّ.

MICREOS

٨ يمكن أن نضيف بعض الأطعمة بالعاثية (الأجبان، النقانق،...)؛ لنمنع من أن تنمو عليها سلالة من البكتيريا هي اللّستيريا، التي قد تكون خطرة على الإنسان.

وإمّا لأنّها تمنع الدواء من التسلّل بينها.

## مقاومة الجراثيم معضلة حقيقية

اليوم تكاثرت كلّ تلك الجراثيم الخطرة وانتشرت في الطبيعة. والأسوأ، نقلت مقاومتها لغيرها من الجراثيم، إلى حدّ أنّ سلالة من البكتيريا أصبحت لا تتأثّر لعدد كبير من المضادّات الحيويّة؛ ما يتسبّب بمعضلة حقيقية لعلاج بعض المرضى. من الآن وصاعدًا، يموت نحو ٢٥ ألف شخص في أوروبا؛ لأنّنا لم نعد نملك الأسلحة الفعّالة للتخلّص من الجراثيم التي تصيبهم! ثمّة حالة طارئة: في حال لم نجد بسرعة أدوية جديدة، قد نعود إلى الحالة التي سادت في القرن التاسعَ عشر الميلادي، التي كان من الممكن أن نموت فيها بسبب إسهال تافه؛ لهذا السبب يهتمّ الباحثون في الطبّ أكثر فأكثر بالعاثيات. في الواقع، تقدّم تلك الفيروسات ميّزة كبرى: تتكيّف باستمرار؛ لأنها بصفتها كائنات حيّة، تتمتّع بالقدرة أيضًا على التكاثر، طوّرت بعد ذلك استراتيجيّات جديدة للهجوم على البكتيريا التي تقاومها. لهذا السبب تكون فعّالة دائمًا ضدّها. في الواقع، كنّا نعرف تلك الجراثيم قبل اكتشاف المضادّات الحيويّة، لكنّنا وضعناها جانبًا... يشرح لوران دوباربيو Laurent Debarbieux قائلاً: "لمّا كنّا لا نعرف جيّدًا كيف تتصرّف، فإنّنا لم نكن نستعمل دائمًا الفيروسات المناسبة لاستهداف الجراثيم التي ينبغي تدميرها، ولم يكن ذلك ينجح في كلّ مرة".

بينما كانت جزيئة واحدة من المضادّات الحيويّة، بإمكانها أن تدمّر أنواع مختلفة من البكتيريا. وثمّة ميّزة

PHOTO FLACON : DOCTEUR ALAIN DUBLANCHET




٧ تحتوي هذه الزجاجة على عاثيات ناشطة ضدّ المكوّرات العنقوديّة. لا يمكن لهذا الدواء المصنوع في جورجيا أن يباع في فرنسا.

## كيف تنتج العاثية؟

نجمع المياه الآسنة من أمام محطة تصفية (١). ثم نُرشِّحها؛ للحصول على العاثية فقط والتخلص من البكتيريا (٢). تهاجم تلك العاثيات أنواعًا مختلفة من البكتيريا. لانتقاءها، نزرع بكتيريا مختلفة في أطباق بتري (٣). مثلًا، المكوّرات العنقودية (أخضر) والمكوّرات الرئويّة (وردي). نسكب لاحقًا المحلول الذي يحوي مزيجَ العاثية في كلّ طبق من تلك الأطباق (٤). ستنمو في كل طبق بتري العاثية الفعالة ضد البكتيريا المزروعة. نكشفها بفضل «الثقوب» (بالأبيض) التي تدل على تدمير البكتيريا (٥). ننتقي بتلك الطريقة الفيروسات القاتلةَ للمكورات العنقودية أو المكوراتَ الرئويّة. حالما نضاعفها على مزارع بكتيرية، نكيّفها للاستعمال في شكل محلول أو بخاخ لمعالجة جرح أو عدوى رئوية مثلًا (٦).

ANTOINE LEVESQUE POUR SVJ

أخرى، يمكن أن تُنتَج تلك المضادّات الحيويّة بسهولة وبكمّيات كبيرة في مصانع. وحدها البلدان في الشرق –خاصة روسيا، وبولونيا وجورجيا– طوّرت ابتداء من العشرينيّات الميلادية من القرن الماضي أبحاثًا دقيقة عن العاثيات، ولم يتوقّفوا عن استعمالها منذ ذلك الوقت. ويتزوّد الدكتور دوبلانشي في الواقع بالأدوية، من الصيدليات الروسية، من وقت لآخر، عندما يريد معالجة مريض لا ينفعه أيّ مضادّ حيويّ. إنّه علاج الفرصة الأخيرة إلى حدّ ما؛ لأنّه في الوقت الحالي، لم يُسْمَح في فرنسا باستعمال العلاج بالعاثية، فقد عُدّت المُعطَيات العلميّة والطبيّة غير كافية. في البلدان الشرقية، تستعمل في الواقع بطريقة «بَدائيّة» قليلًا. فإنّ الجرعات، وفترات العلاج ليست محدّدة جيّدًا. لا نعرف أيضًا كيف تصنع مكثّفات العاثية تلك التي نجدها هناك. مستحيلٌ تعميمُ العلاجات بوساطة تلك الفيروسات. يشرح ألبان دهاناني Alban Dhanani من الوكالة الوطنية لسلامة الدواء في فرنسا قائلًا: "قبل أن تسمح تلك الأدوية في فرنسا، ينبغي متابعة الأبحاث لاستكشاف طرق تجريعها، والجرعات، وفترات العلاج. ينبغي أن نصنع أيضًا أدوية من نوعيّة جيّدة نتحكّم بمحتواها، لا تضمّ لا بكتيريا، ولا بقايا بكتيريا قد تكون مضرّة". في المختبرات، لا يزال الباحثون والأطباء ومصنعو الدواء يعملون لإتقان ذلك. لكن أُطلِق اختبارٌ سريري للتوّ (على الإنسان) لتقدير فعاليّة العاثية على ضحايا الحروق، التي تكون حروقهم حسّاسة للغاية تجاه العدوى.

**قنابل موقوتة للقضاء على الجراثيم**

### عصفوران بحجر واحد

مضمار بحث واحد آخر: استخدام الفيروسات مثل حصان طروادة لإدخال «قنابل موقوتة» في البكتيريا. بذلك، عدّل فريقان أمريكيّان –في جامعة روكفلير في نيويورك وفي معهد ماساتشوستس للتقنية، في كمبريدج– جينيا عاثيات لمنعها من القتل، لكنّهم حقنوا الجراثيم <بإنزيم> يدعى كريسبر–كاس (Crispr–Cas) يدمّر مقاومتها للمضادّات الحيوية. يشير دافيد بيكارد David Bikard، وهو مؤلّف فرنسي شارك في الدراسة الأولى قائلًا: "تعد البكتيريا المقاومة حسّاسة: إن وضعناها في حضور مضادّ حيويّ، تستسلم". وتتويجًا لذلك: إنّ البكتيريا التي لم تكن مقاومة بعد، لن تستطيع أن تقاوم من جديد، حتّى لو نقلت إليها جرثومة أخرى المورّثة المناسبة؛ لأنّ كريسبر–كاس ستدمّرها سريعًا! وبذلك نصيد عصفورين بحجر واحد؛ لأنّ العاثيات ستعطي حياة ثانية للمضادّات الحيوية التي أصبحت غير فعّالة. إنّ أعداء أعدائنا همّ حقًّا أصدقاء مذهلون!

**إضاءة**

**الإنزيمات** هي **بروتينات**، تعد حجر أساس العالم الحيّ. تتدخّل الإنزيمات بصورة خاصّة في التفاعلات الكيميائيّة التي تتم في الخلايا.

(1) LES VIRUS À LA RESCOUSSE, Science & Vie Junior 303, P 60-63
(2) Valérie Devillaine



يتم تجديد خلايا الدم (الكريات الحمراء والبيضاء) في نخاع العظم (بالأخضر). لكن بطريقة مختلفة عما كنا نعتقد.

FOTOLIA

# اتّضحت آليّة تجدّد الدم

أظهر فريق أمريكي للتوّ أنّ الخلايا الجذعيّة المكوّنة للدم في نخاع العظم، لا تؤدي الدور الأوّل في تجدد خلايا الدم. إنّ الخلايا المسمّاة «أسلاف» (Progenitors) هي التي تضمن تجدّدها الدائم. تشكّل تلك الأسلاف خزّانًا لا ينضب. ظنّ الباحثون لوقت طويل أنّ الخلايا الجذعيّة هي المصدر الأساسي لتجدّده، وذلك بسبب الحالة الخاصّة لعمليّات زرع نخاع العظام. يوضح الطبيب قائلًا: "خلال تلك العمليّة، تتلاشى الأسلاف بسرعة من دون أن نعرف السبب، وتعود الخلايا الجذعيّة المكوّنة للدم لإعادة تشكيل تنوّع خلايا الدم" لكن الموضوع -في الواقع- هو حلّ علاجي استدراكي غير موجود نسبيًّا في الحالات الطبيعيّة. ذلك الاكتشاف ليس تافهًا. يختم الطبيب قائلًا: "تحثّ نتائجنا على المحافظة على الأسلاف لتحسين عمليات الزرع. من جهة أخرى، يظهر أنّ الأسلاف هي على الأرجح المتسبّبة بسرطان الدم أكثر من الخلايا الجذعيّة المكوّنة للدم نظرًا لقدرتها الاستثنائيّة على الإنقسام الذي يمكن أن يولد الطفرات".

**A.R.**







استمع واستمتع أينما كنت
بالبث الصوتي في مجالات
علمية متنوعة

تابع حديث العلوم على الرابط:
http://soundcloud.com/kacst





ستوكهولم (السويد)

# تنتظر ناطحة السحاب الخشبيّة الأولى الضوء الأخضر[1]

ناطحة سحاب خشبية مؤلفة من ٣٤ طابقاً! هذا ما تنوي أن تقدمه «الجمعية السويدية للمساكن الاجتماعية» HSB بمناسبة الاحتفال بمئويتها الأولى. تم اختيار هذا المبنى الذي سمي «فاستربروبلان» Västerbroplan في العام ٢٠١٥ من بين ثلاثة مشاريع متنافسة، وسيستقبل ابتداءً من العام ٢٠٢٣ عائلات، ومقهى، ودار حضانة بين جدران خشبية ظاهرة، وذلك لتسليط الضوء على تلك المادة الناجحة. في الوقت الراهن، لا يتعدى ارتفاع الأبراج الخشبية التسعة طوابق، لكنها تتكاثر بسرعة في أنحاء العالم. والسبب هو التالي: يساهم الخشب في تقليص أثر الكربون في قطاع الإعمار. ذلك أن الخشب لا يخزن ثاني أكسيد الكربون فحسب بل إن إنتاجه يطلق أيضاً كمية أقل من الغاز المؤثر في الاحتباس الحراري مقارنة بالإسمنت أو الفولاذ. يعترف سيلفان غانيو Sylvain Gagnon، وهو مهندس في مركز الأبحاث الكندي «ف ب إنوفاسيون» FPinnovation، قائلاً: "في الوقت الحالي، يبدو أن ارتفاعًا من ١٤ أو ١٥ طابقًا هو أيضًا حدًا أقصى من الناحية التقنية للهيكل الخشبي البحت. يؤكد معماريو «فاستربروبلان» على ذلك: الراجح أن قلب عارضة ناطحة السحاب سيحتوي على الفولاذ، وستبنى حجرة المصعد الكهربائي من الإسمنت. وبحسب صورتها، ستكون ناطحات سحاب المستقبل هجينة من دون شك: خلطة دقيقة من الخشب، والإسمنت، والفولاذ.

B.R.

VASTERBROPLAN/HSB 2023



«الفاستربروبلان» Västerbroplan هي ناطحة سحاب هجينة من ٣٤ طابقًا: لما كانت الحدود التقنية للمباني الخشبية الصرفة هي ١٥ طابقًا، فستتكوّن بنيتها جزئيًا من الفولاذ والإسمنت.

(1) LE PREMIER GRATTE-CIEL EN BOIS ATTEND LE FEU VERT, Science & Vie 1166, P 114-115



طوكيو (اليابان)

## انطلق خط السكة الحديدية المغناطيسي مُحطّمًا كل الأرقام القياسيّة

بعد سنوات عديدة من الاختبارات، أعطت شركة سكك الحديد اليابانية ج ر توكاي JR Tokai الضوء الأخضر لبناء أطول خط قطار مغناطيسي في العالم. في غضون العام ٢٠٢٧، سيربط هذا الخط مدينة طوكيو بمدينة ناغويا Nagoya، وهي مسافة تبلغ ٢٨٦ كلم. ثم سيمتد حتى أوساكا Osaka (٤٠٠ كلم) في حوالي العام ٢٠٤٥. وسيتحرك قطاره «ماغليف-أس سي» Maglev-SC، صاحب «الأنف» المنبسط لتقليص الاحتكاكات مع الهواء، بالارتفاع على علو ١٠ سم فوق سكة التوجيه تحت تأثير قوة مغناطيسية قوية للغاية. في غياب الاحتكاكات بالأرض، ستصل سرعته إلى ٥٠٠ كلم في الساعة، ما يجعل منه القطار الأسرع في العالم أمام قطار ترانسرابيد Transrapid في شنغهاي (الصين)، هو أيضًا يسير بالارتفاع المغناطيسي، وتتجاوز سرعته الـ ٤٣٠ كلم في الساعة. النتيجة: ستتقلّص أوقات الرحلات إلى النّصف، فالمسافة بين طوكيو وناغويا -مثلًا- لن تدوم أكثر من أربعين دقيقة، مقابل ساعة ونصف الساعة حاليًّا. **L.B.**

لندن

## المدينة العموديّة من دون نهاية تستبق التنمية الحضريّة

ماذا لو توسّعت المدن نحو الأعلى بدلًا من أن تستمر بالتمدّد أفقيًّا في الأرياف؟ قد تتحقّق الفكرة يومًا ما بفضل «المدينة العموديّة من دون نهاية»، وهي عبارة عن برج صمّمته الوكالة الصينية شور أركيتيكتشور Sure Architecture. بُنيته بعيدة كلّ البعد عن بُنية ناطحات السحاب التقليديّة. هنا، لا طوابق مركّبة أحدها فوق الآخر، بل الطوابق محاصرة بين رصيفين منحدرين متوازيين من دون نهاية، يرتفعان بالالتفاف بطريقة غير منتظمة حول محور خفيّ (البرج مجوّف). فضلاً عن جمال المنظر، تخوّل الطريقة تكبير البرج عند الحاجة. يكفي في الواقع أن نزيد قطع من الأرصفة المنحدرة على القمة وإطالة الأعمدة الفولاذية الستة التي تشكل بنيتها لإضافة طوابق جديدة. ارتفاع البرج في البداية يبلغ ٢٠٠ متر (أي ٥٥ طابقًا)، لكنه بالإمكان أن يصبح ارتفاعه ٢٥٠ مترًا وحتى ٣٠٠ متر... ينوي المهندسون المعماريون تركيبه أولاً في المدن البالغة الكثافة السكانية، مثل لندن، وهي ثاني أكبر تكتل في أوروبا. **L.B.**

SURE ARCHITECTURE

# هكذا يبدو عالمنا [1]

أنجز علماء الفلك أول خريطة ديناميكية للكون، بمناطقها الخالية و«قاراتها» المَجَرِّية. وأخيرًا، ها هم قد حددوا موقعنا!

بقلم: ماتيلد فونتيز [2]

شكل بيضوي؟ كرة مشوّهة؟ أُذُنٌ؟... «أو بيضة؟»، هذا ما تضيفه هيلين كورتوا Hélène Courtois قبل أن تتراجع، وكأنها انزعجت من نتيجة عملها التي تظهر ذلك الرسم الرمزي لنشأة الكون.

لا تتوقف عالمة الفلك كورتوا عن التحديق في اكتشافها، وتفصيل حدوده،

**معالم**

الكون متناسق على نطاق واسع، ويصاغ من خيوط عملاقة من المادة. في الداخل، تتجاذب المجرات بفعل الجاذبية وتنتظم في قارات مجرِّية -العناقيد المجرِّية العظيمة- التي تتألف من تجمعات آلاف المجرّات... تدور فيها مئات الآلاف من النجوم، وكذا ما يعادلها من الكواكب، أو يزيد.

@COSMICFLOWS

وعن البحث عن صفات له. ولذلك سبب! إن الشكل الذي يمتد أمامها سيظل مدوّنا في الكتب لأن هذا الرسم الغريب ليس إلا العالم الذي تنتمي إليه الأرض: العنقود المجرّي العظيم الذي يتضمن درب التبانة.

أجل، نحن هنا تمامًا! على حافة هذه المجموعة العملاقة التي تضم ١٠٠ ألف مجرة. نقطة صغيرة، تائهة في محيط هيكل يبلغ عرضه ٥٠٠ مليون سنة ضوئية، ويزن مائة مليون مليار شمس. ذرة غبار في هذه القارة الشاسعة القائمة بين المجرّات.

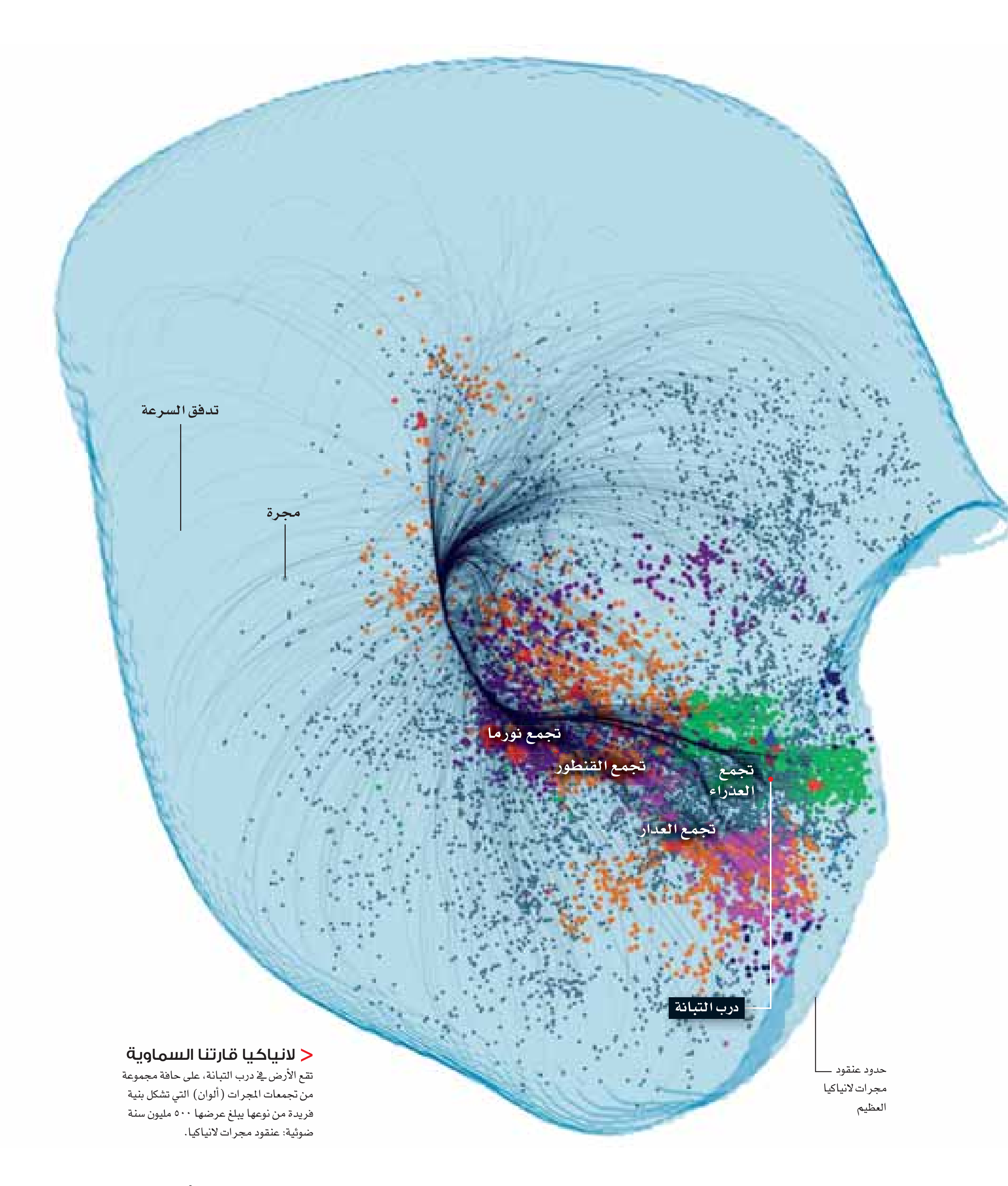
إذا كان من الصعب تحديد الشكل فإنه قد تم اقتراح الاسم وقبوله للتوّ من قبل اتحاد الفلك الدولي. وهكذا اكتشفنا قارتنا السماوية. إنها تسمى لانياكيا Laniakea.

لاكتشاف تلك القارة، شرع أربعة اختصاصيين في عمل طويل النفس يخص رسم الخرائط.

اطلع عالما الفلك هيلين كورتوا التابعة لمعهد الفيزياء النووية في ليون Lyon (فرنسا)، وبرينت تولي Brent Tully المنتسب لجامعة هاواي بالولايات المتحدة الأمريكية، على أكبر أجهزة مقاريب في العالم، من المقراب اللاسلكي في أراسيبو Arecibo (بورتو ريكو) إلى أجهزة المقاريب البصرية في هاواي مرورًا باختصاصيي الأشعة تحت الحمراء في المدار، من أجل قياس ضوء آلاف المجرّات.

في النهاية، سمحت أعمال الفيزيائي دانيال بوماريد Daniel Pomarède -من معهد الأبحاث عن قوانين الكون الأساسية CEA (فرنسا)- بفهمها من خلال إسقاطها مضخمةً على شاشة.

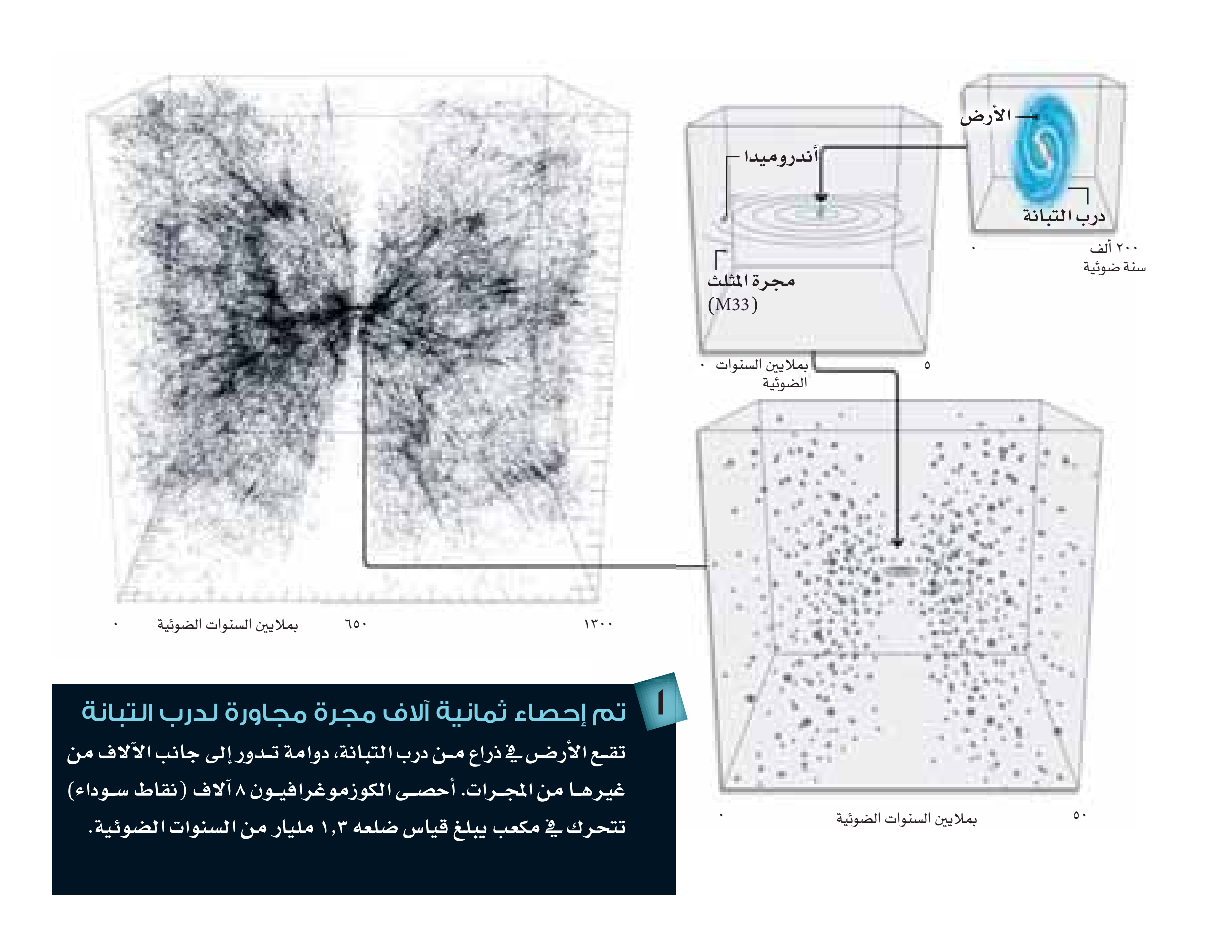
استغرق ذلك ثلاث سنوات من ←




**< لانياكيا قارتنا السماوية**

تقع الأرض في درب التبانة، على حافة مجموعة من تجمعات المجرات (ألوان) التي تشكل بنية فريدة من نوعها يبلغ عرضها ٥٠٠ مليون سنة ضوئية: عنقود مجرات لانياكيا.

# المراحل الـ ٦ لوضع خرائط قارّتنا المجرّية




**١ تم إحصاء ثمانية آلاف مجرة مجاورة لدرب التبانة**

**تقع الأرض في ذراع من درب التبانة، دوامة تدور إلى جانب الآلاف من غيرها من المجرات. أحصى الكوزموغرافيون ٨ آلاف (نقاط سوداء) تتحرك في مكعب يبلغ قياس ضلعه ١,٣ مليار من السنوات الضوئية.**

← الأعمال أو يزيد، لأن الباحثين لم يواصلوا العدّ لمعرفة المدة التي قضوها في هذا الإنجاز...- كل ذلك ليخبرونا أين نحن!

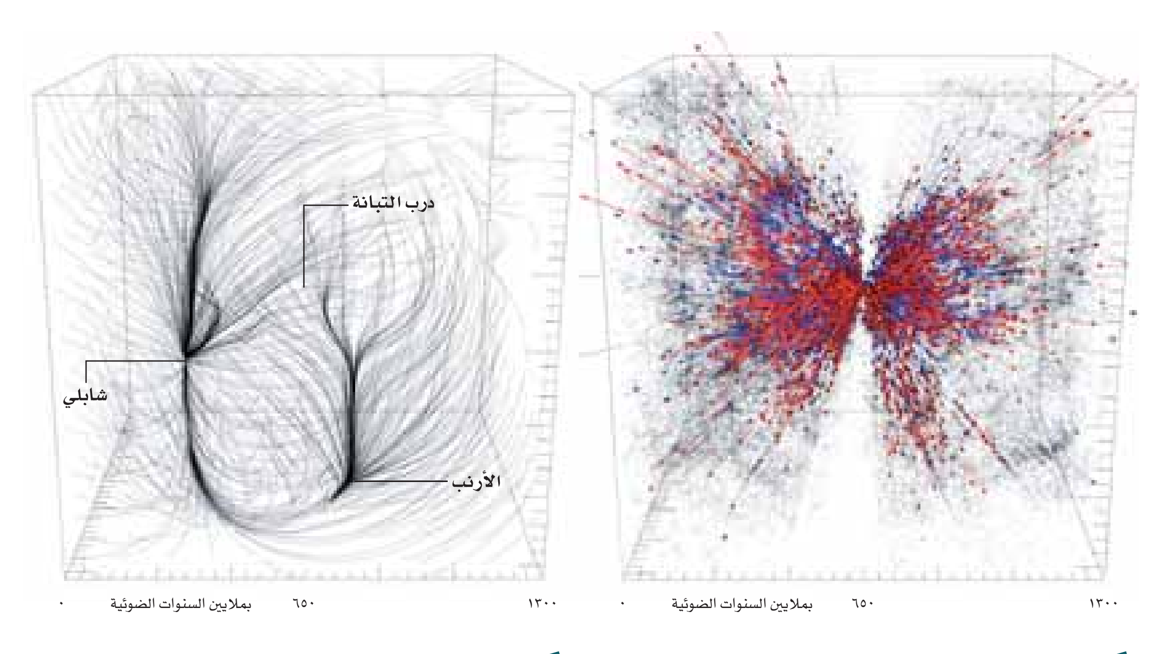
علينا أن نعترف بأن المنظر السماوي ليس بسيطًا على الإطلاق. مضى الزمن الذي كان فيه تصور الكون يقتصر على أرض ثابتة، تحيط بها كرة مُطمْئنة تتشبث بها الأنوار. نعلم، منذ أينشتاين، أن كل شيء يتحرك. تدور الأرض بسرعة ٣٠ كلم/الثانية حول شمسها، التي تدور هي الأخرى بسرعة ٢٢٠ كلم/الثانية في درب التبانة. ودرب التبانة، هو أيضا، يسير بانحراف بسرعة تفوق الـ ٦٠٠ كلم/الثانية في كون يتمدد...

تَعَرَّف علماء الفلك جيدًا إلى الكتل الكبيرة، تلك المناطق التي تكون فيها المجرّات متقاربة بما يكفي لترتبط ببعضها البعض بفعل الجاذبية: العنقود المجرِّي العظيم بيرسوس بيسيس Perseus–Pisces –الذي يغطي حوالي أربعين درجة في سماء النصف الشمالي من الكرة الأرضية الشتوي– والعناقيد المَجَرِّية العظيمة، الشجاع (الهيدرا) والقنطور وشابلي Shapley –التي تنتشر في كوكبة القنطور– و«الجدار العظيم» الشهير –الذي يجمع حشود هرقل، والهلبة والأسد–... إنها مساحات مترامية الأطراف بحيث يتعذر تعيين حدودها.

بعد عمليات مضنية من القياس، رسم الباحثون حدود بيئة درب التبانة –مجرتنا التي تدور في مجموعة من أربعين مجرّة تشبهها– وهي تقع بالقرب من تكتل يضم ألفي مجرة تقريبًا، يسمى تجمع العذراء...

### وأخيرًا... خريطة واقعية

إلا أن تلك البيئة ظلت من دون حراك. ظلت ثابتة. غير واقعية بقدر




## ٢ ينطبع تحرك كل مجرة على البطاقة

دوَّن الكوزموغرافيون سرعات المجرات بالنسبة إلى درب التبانة ورسموها على شكل أسهم توجيه. الأسهم الحمراء هي المجرات التي تبتعد، والزرقاء التي تقترب.

## ٣ تنتشر تدفقات السرعة

حالما تندمج سرعات المجرات الفردية في نموذج، ترسم خطوط تدفق تنتظم في تيارين رئيسين. تظهر عقدتان، الأولى إلى اليمين على مستوى عنقود مجرات شابلي العظيم، والثانية إلى اليسار على تجمع الأرنب.

البيئة التي رسمها علماء الفلك القدماء. من الصعب أن نستمد من تلك الكتل الضخمة الجامدة الآليات الفيزيائية التي بوسعها أن تخبرنا عن ماضي زاويتنا في الكون ومستقبلها.

هنا يتدخل كل من هيلين كورتوا وبرينت تولي.

فيما انهمك الباحثان في جمع كل البيانات المتحصل عليها حتى العام ٢٠٠٦ لتشكيل بيان عملاق، تساءلا عن طريقة استغلالها الأفضل. تقول الباحثة: "رأينا أنه بوسعنا أن ننظر إلى موقع المجرات في السماء، وإلى الاتساق في حركاتها بالتحديد".

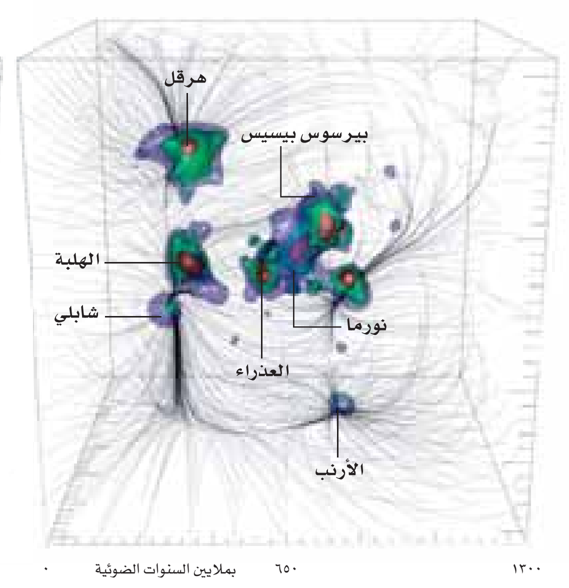
يسمح ذلك برسم خط بطريقة دقيقة للغاية حول المناطق التي ترتبط

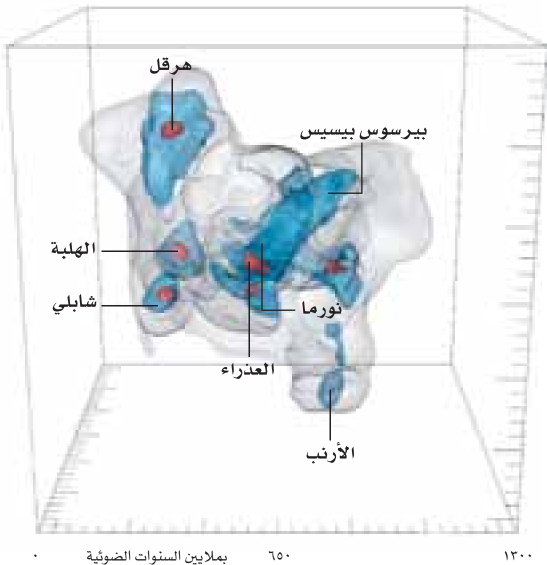
## ليس من السهل تمثيل الكون: كلّ شيء يتحرّك فيه بسرعة فائقة

فيها المادة بالجاذبية والفراغات التي تفصل بينها. ومن ثمّ نتمكن في نهاية المطاف من رسم حدود القارات السماوية.

وفي الوقت نفسه الذي تابع فيه الفلكيان مشاهدة ضوء عدد متزايد من المجرات وقياسه، وضعا طريقة ديناميكية لرسم الخرائط.

يقيس الباحثان، بالنسبة إلى كل مجرة، إحداثيات موقعها في السماء، إلى جانب السرعة التي تبتعد أو تقترب فيها منا. فتوصلا إلى قياس حركة المجرة بالنسبة إلى الأرض. ثم يحددان كمية ضوئها المطلق ويدمجان تلك البيانات في نموذج فلكي يستر التأثيرات المرتبطة بتمدد الكون الشامل. وهكذا، يحصلان على الحركة الخاصة بالمجرّة. توضح الباحثة قائلةً: "لا نرى سوى ←




## ٤ ترتسم المادة

**استنتج الكوزموغرافيون مصادر الجاذبية الأرضية المسؤولة عن تدفقات السرعة. يرسمون خطوط كثافة المادة، ويحددون المناطق الحمراء والخضراء والزرقاء المركزة بشكل خاص كمجرات.**

## ٥ تكشف احواض التجاذب عن نفسها

**ثم يرسمون الحركة في كل نقطة من الخريطة. فترتسم إذًا المناطق التي تتجمع فيها تدريجيًا المجرات (بالرمادي والأزرق) والبنى الأكثر بلوغًا: التجمعات التي سبق للجاذبية أن ربطت بينها (بالأحمر).**

← الحركة المنبثقة عن تأثير الجاذبية على المادة".

حالما يضعان تلك الحسابات على خريطة ثلاثية الأبعاد، تبرز على الشاشة بصفة مدهشة تيارات الجاذبية... التي تحدد مكان المادة ذاتها، من دون أي أمد. تضيف هيلين كورتوا قائلة: "كلما اقتربت مجرة من الكائن الذي يجذبها، تزداد سرعتها والعكس بالعكس. وهذا سيخوّلنا استنتاج توزيع كل المادة. حتى المادة التي لا يمكن رؤيتها!".

ولا تنحصر تلك المادة الخفية في المادة السوداء الشهيرة، المكونة الأساسية لتلك المجرات لأن المقاريب التي بحوزتنا، سواء كانت أرضية أو فضائية، أجهزةٌ عالقة في درب التبانة... وهي مجرّة حلزونية تحجب غيومها المظلمة من الغاز والنجوم المتلألئة السماء، مانعة رؤية كل ما تخفيه خلفها. وبالتالي، فإن نسبة ٢٠٪ من الكون تظل غير مرئية إلى الأبد. تؤكد عالمة الفلك: "هذا ما نسميه بمنطقة انطفاء مجرِّية: لن نرى أبدًا هذا القسم من السماء في بيان".

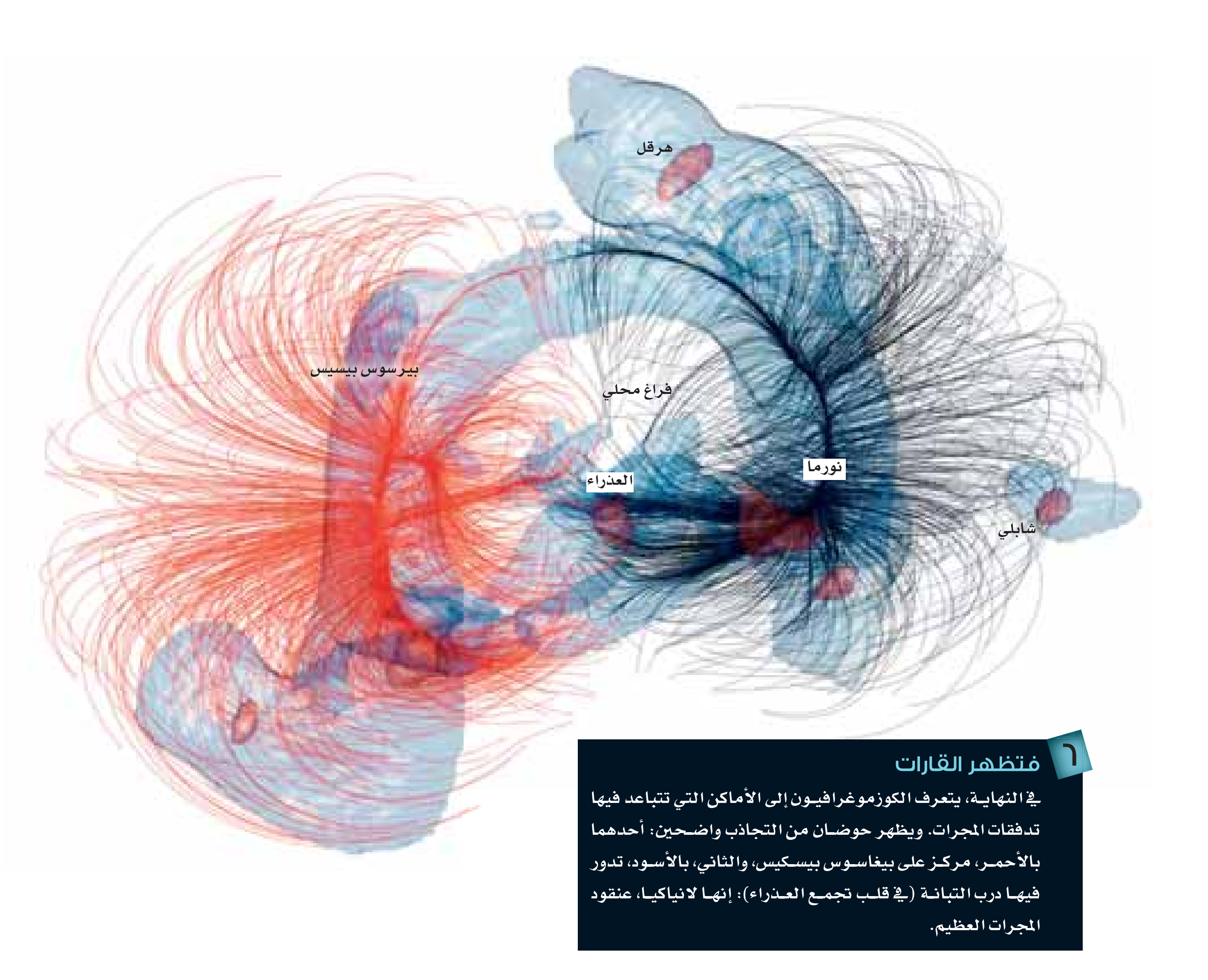
أما الطريقة الجديدة، فهي تسمح بالتقدير الاستقرائي للمادة المخبأة وبالتخمين حولها. لم نعد نحتاج إلى رؤية المادة المضيئة لأن جاذبيتها تكشف أمرها.

يكفي للكوزموغرافيين (علماء وصف الكون) أن يرسموا التيارات من جهتي المنطقة غير المرئية.

> ظهرت أخيرًا المادة الخفيّة، المختبئة وراء درب التبّانة

يطلب علماء الفلك أوقات مراقبة باستغلال أكبر المقاريب في العالم لتدقيق القياسات، مستخدمين بقوة تقنياتهم الحديثة. وها هم، منذ سنة، يُعدّون أكبر

@COSMICFLOWS




## ٦ فتظهر القارات

في النهاية، يتعرف الكوزموغرافيون إلى الأماكن التي تتباعد فيها تدفقات المجرات. ويظهر حوضان من التجاذب واضحين: أحدهما بالأحمر، مركز على بيغاسوس بيسكيس، والثاني، بالأسود، تدور فيها درب التبانة (في قلب تجمع العذراء): إنها لانياكيا، عنقود المجرات العظيم.

بيان حول المسافات بين المجرّات. وقد نشر للمرة الأولى: أكثر من ٨ آلاف قياس ينتشر في مكعب يبلغ طول ضلعه مليار سنة ضوئية. ووضعوا بالتحديد خرائط لـ ٢٪ من الكون.

في أعقاب ذلك، يحاول الكوزموغرافيون أن يفهموا كيف يتطور بيانهم المصور العملاق.

ينتقل الخبراء باستمرار من الشاشة التي تنتشر عليها حقول الجاذبية إلى الحسابات، يتبعون السيل، ويقتفون الحدود التي يبدو أن المادة تنفصل فيها لتتقارب بطريقة أفضل من جاذبة معاكسة. تشرح هيلين كورتوا قائلة: "كأننا نشاهد خريطة حوض يتزايد تدريجيًا. والديناميكية هي نفسها: ثمة منحدرات تتقارب ونبحث فيها عن خطوط تقسيم المياه".

### أكبر من المتوقع

يميّز هؤلاء الباحثون الأحجام. ويتخيلون خلفية المناطق المليئة بالمجرات، وحدود المناطق الخالية. وفي هذا السياق يوضح برينت تولي قائلاً: "الوضع شبيه بأولئك الذين لم يتمكنوا من رسم حدود القارة الأمريكية قبل استكشاف سواحل المحيط الهادئ، لن نفهم عنقودنا المجرِّي العظيم قبل رؤية الجهة المقابلة. واليوم، هذا ما نقوم باستكشافه".

ترتسم أمام هؤلاء العلماء تدريجيًا كبريات الكيانات المستقلة بفعل الجاذبية: العناقيد المجرِّية العظيمة. يجدون بيرسوس بيسيس وشابلي؟ يرسمون بالتحديد خطوط الجدار الكبير، ويميّزون بوجه خاص كيانا يضم تجمعات مسطرة النقاش (تسمى أيضا «مربع النجار» أو «نورما»)، والقنطور والشجاع... والعذراء. إنه كيان مستقل يضم الأرض لم يلاحظه أحد قبل اليوم! في البداية، واجهوا صعوبة في ←

### تعابير خاصة

بلغة هاواي، «**لاني**» تعني سماء أو أفق؛ و«**أكيا**» تعني كبير، أو مفتوح أو بلا حدود. العنقود المجري العظيم «**لانياكيا**» هو إذن **سماؤنا الكبيرة**، أفقنا من دون حدود، وسماواتنا الشاسعة...

← مشـاهدتها. يتذكّر دانيال بوماريد Daniel Pomarède قائـلاً: "كنـت أعجز عـن تمثيـل الخلفيـة. اضـطررنا إلى تقليص حجم الخريطـة وتركيزها على كوكبة مسـطرة النقاش لنبتعد عن تأثير شابلي". وأخيرًا، نجحوا في رسم الحدود بدقـة. إليكـم عنقودنا المجـرِّي العظيم: إنـه كبـير. أكبر بكثير ممـا تخيله علماء الفلك. توضـح هيلين كورتـوا قائلة: "كنا نتصـور أن قارتنـا المكونـة مـن المجرات منطقة منبسـطة أبعادها تقاس ببضـعة

منهـا الركن الذي نشـغله في هذا الكون. وعنقودنا المجرِّي العظيم له شكل بيضة. تقـول هيلين كورتـوا بكل بسـاطة: "نحن على حافة المجرة. ومجرّتنا هي بنفسـها على حدود تلك البنية العملاقة".

شـرع علمـاء الفلـك منـذ الآن في الاستفادة من النظرة الجديدة لأنه وبعد أن تم رسم شكل عالمنا، أصبح من الممكن أن نفهم كيف تتشكل بيئتنا.

وهكذا انكبـت هيلين كورتوا وفريقها على دراسـة لغز «الجاذب الأكبر» (انظر

لم ينته مسـعى علماء الفلك مطلقًا. فهم يتوقعون توسـيع خريطتهم. هدفهم الموالي هو: رسـم حدود الفـراغ المترامي الأطراف الذي يمتد بالقرب من لانياكيا. إنـه فراغ لا يزال حتـى الآن متعذر البلوغ لأنه يمتد، في جزء كبير منه، إلى المنطقة التي يسـترها ضـوء درب التبانـة. تقول هيلـين كورتـوا: "ثمـة جـدل حـول ذلك الفـراغ. إنـه أكبر قليـلاً ممـا ينبغي أن يكون، كما أنه «يدفع» بقوة غير متوقعة".

## الجاذب الأكبر الغامض ليس كـذلك...

**في الثمانينيّات الميلادية من القرن الماضي، لاحظ علماء الفلك أن سـرعة درب التبانـة وجاراتهـا سـرعة فائقـة، كما لو أن تجمعًـا عملاقًا من المادة يجذبها: جـاذب أكبر غامض. شـكُّوا أولاً في تجمـع خفي بقـرب تجمـع العـذراء، ثـم اتجهـت الشـكوك نحـو العنقـود المجـرِّي العظيـم، المسـمى الشـجاع-القنطور، قبـل أن يدركوا أنه هو أيضًـا يجذبه الجـاذب! في النهاية، في مطلع هذا القرن، لاحظنا بنية مسـتطيلة تمتد على مسـافة ٦٣٠ سـنة ضـوئية من الأرض خلف تجمّـع مسـطرة النقاش... لكنـه لوحظ أنه يفتقد إلى نصـف الكتلة المطلوبة. واتضح في الواقع، أن الجواب بسيط: لا وجود لجاذب أكبر. تكفي كتلة المجرّات المعروفة لتفسير الظاهرة. ينبغي رسم حقول الجاذبية لندرك ذلك.**

ملايين السـنوات الضـوئية. كنا نسميها «ورقة محلية» لأن كل المجرّات كانت تبدو في المسـتوى نفسـه. لكن الواقـع يقول إن عرضـها يبلغ ٥٠٠ مليون سـنة ضـوئية، وإنها أكبر من ذلك بـ ١٠ مرات تقريبًا!"

أطلقـوا عليهـا اسـم «لانياكيـا» Laniakea، وأصـل الكلمـة من هاواي، تيمّنًـا بهـذه الأرض، أرض الملاحين في اتجـاه النجـوم التـي تضـم بعض أكبر أجهـزة المقاريب في العالم. هنـاك بيرسـوس بيسـيس، وشـابلي، والجدار الكبـير ولانياكيـا: تلـك هـي العناقيـد المجرِّيـة العظيمـة الأربعـة التي يتشـكل

المربـع «الجـاذب الأكـبر الغامـض ليس كذلـك»)، وهـو مصـدر جاذبية ضـخمة اقتفـى أثرهـا علمـاء الفلـك في كوكبـة مربع مسـطرة النقاش منذ ثلاثين عامًا، ليكتشـفوا... أن لا وجود لهذه الجاذبية. لم يكـن هنـاك وحش مخفـي! بـل كان هناك ببسـاطة توزيع مختلف للكتل التي تم حسـابها. تشـرح الباحثة هذه النقطة قائلـة: "كنـا نرى المـادة كلها تصـل إلى مكان بدا خاليًا، فبحثنا عن جاذبية وراء ذلك. في الواقع، يشبه هذا المكان قعر واد حفرَتْـه المادة حوله. وفي القعر، لا يوجد شيء!"

## تمحيص تاريخ الكون منذ الانفجار الكبير

إنـه يدفـع بقـوة كبـيرة إلى حـد أن الخبراء اضطروا، ليتمكنوا من دمجه في نماذجهم، إلى اللجـوء إلى مبدأ تجانس الكـون، وإلى التـذرع بثقـل نوعي مفرط من الطاقة السوداء، تلك القوة الغامضة التـي تدفـع الكـون إلى التمـدد بسـرعة تتزايـد على الـدوام. بل فكـروا في وجود المادة المضـادة... تشير هيلين كورتوا إلى أننا "لا ننظر إلى البعيد بما يكفي. نحتاج إلى قارة بيرسـوس بيسـيس كاملة لرسم حدود الفراغ الكبير".

حتى يكمل علماء وصف الكون عملهم فإنهم يتوقعون استعمال شبكات قوية من المقاريب اللاسلكية مثل الولابي Wallaby في أسـتراليا أو المـيركات MeerKAT في جنـوب إفريقيـا. عندما يتوسّـع بيانهم، قد يصبح من الممكن ضبط النماذج التي تصف تغير الكون برمته... منذ الانفجار الكبير! ذلك أن حجـم الفراغات تحدده النظريات الفلكية التي تشـرح تشكيل كل البنى ابتداءً من تذبذب الجسيمات التي كانت في الأصل تسـكن الزمكان (الزمن الملتصق بالمكان).

لانياكيا ليسـت سـوى بداية القصة. نقطـة انطـلاق الغوص في بنـى الكـون بكامله... كيان بالغ في الضـخامة. لكنها كياننا.

### * للاستزادة

للمشاهدة: لانياكيا بالفيديو وبالأبعاد الثلاثيّة، يرويها مكتشفوها.
للقراءة: قصّة الجاذب الأكبر الملحميّة في مجلة العلم والحياة، الرابط المباشر على science-et-vie.com

(1) VOICI À QUOI RESSEMBLE NOTRE MONDE, Science & Vie 1165, P 88-94
(2) Mathilde Fontez





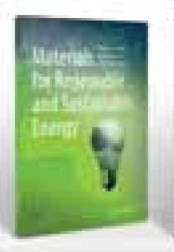
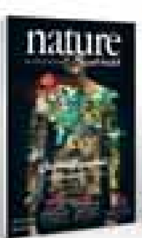







كتبٌ ومجلاتٌ جديرةٌ بالقراءة، في مجالات العلوم والتقنية والإبتكار...

**... حيث تنمو المعرفة**






| كتب مؤلفة | كتب التقنيات الاستراتيجية | ثقافتك | مجلة العلوم والتقنية | مجلة العلوم والتقنية للفتيان | مجلة نيتشر الطبعة العربية | KACST Peer Reviewed Journals |
|---|---|---|---|---|---|---|
| صناعة إنتاج المعرفة | الإعداد للتقنيات الاستراتيجية | نحو مجتمع مثقف علمياً | إثراء المعرفة العلمية | إعداد النشء لمستقبل أفضل | نقل وتوطين المعرفة | Journals for Strategic Technologies |

http://publications.kacst.edu.sa

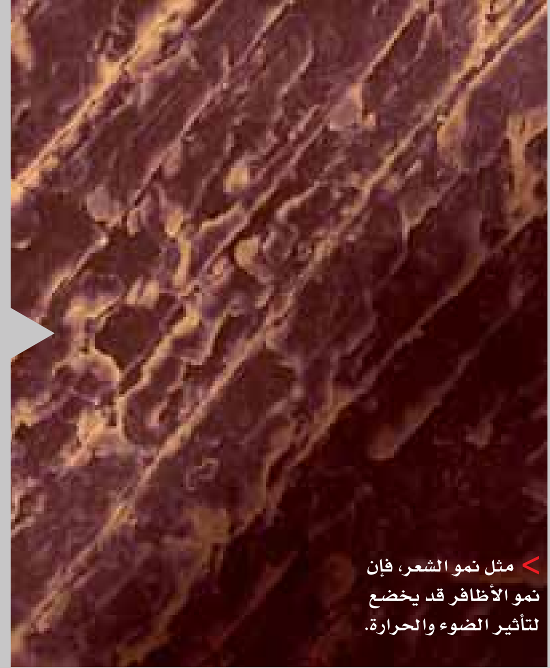




@kacst_sap

# أسئلة وأجوبة

< في حديقة حيوانات صينية، يقال إن فيلاً صغيرًا بكى طوال ٥ ساعات بعد أن تخلت عنه أمه...



< مثل نمو الشعر، فإن نمو الأظافر قد يخضع لتأثير الضوء والحرارة.

## لِمَ تنمو الأظافر بِبطء في الشتاء؟

*سؤال طرحه السيد بولالييه – دولافيل، أليكس (٧٤)*

تلك هي «ملاحظات بسيطة لكن لا تفسيرات مؤكدة». بالنسبة إلى الأستاذ روبير باران Robert Baran، وهو اختصاصي الأمراض الجلدية في مركز تشخيص أمراض الأظافر ومعالجتها في مدينة كان Cannes (فرنسا)، فإنه من الصعب تفسير هذا الفرق في النمو الذي لم يتم قياسه قط: الرقم الوحيد المتوفّر في مجموعة النصوص العلمية يشير إلى أن هناك نموًا يبلغ ١,٥ ملم في الشهر بالنسبة إلى أظافر القدمين، مقابل ٣ ملم لأظافر اليدين. أما التفسير الأكثر جدية فيتعلق بالتعرض للشمس. وهذا ينطبق على الشعر أيضًا: تخف سرعة الدورة الدموية عندما يكون الطقس أكثر برودة لأن الجذور الأقل تغذية تُنتج كمية أقل من الكيراتين keratin. قد تشكل الأيام الأقصر وأشعة الشمس الأقل حدة أحد الأسباب لهذا التباطؤ في النمو.

F.C.

# هل تبكي الحيوانات أيضًا عندما تشعر بالحزن؟

## سؤال طرحته ليتيسيا بوتينزا، فراميريز (بلجيكا)

على الأرجح لا. لا تتمتع الحيوانات بقواعد عصبية جسدية وبالقدرات العقلية التي تعطي للدموع مفهومًا انفعاليا. هذا ما يعتقده على الأقل طبيب الأمراض العصبية مايكل تريمبل Michael Trimble. يقول الطبيب إن الكثير من الحيوانات قد تذرف «دموعًا قاعدية» لترطيب العين، و«دموعًا لاإرادية» لتنظيف العين، لكنها لا تذرف «دموعًا انفعالية».

زود الخالق الإنسان منذ أن خلقه بقدرة على توصيل علامات الحزن أو الفرح بطريقة لا واعية وفطرية، وساعدته على مواجهة التحديات المتعلقة بتعقيدات الحياة الاجتماعية.

### لا وجود لدليل علمي

مع ذلك، فإن العلماء ليسوا مقتنعين بأن الدموع الانفعالية هي ميزة الإنسان. فعلى سبيل المثال، يرى الأستاذ مارك بيكوف Marc Bekoff، المختص في علم البيئة والأحياء (جامعة كولورادو، الولايات المتحدة الأمريكية)، أن بعض الحيوانات، مثل الفيلة أو الغوريلا، قد تبكي عندما تشعر بالحزن... يعتمد بيكوف في فرضيته على «ملاحظات متعددة» في حدائق الحيوانات أو المحميات. وهكذا، في سبتمبر ٢٠١٣، أخبر مشرفون على محمية في رونغ شينجين Rongchengen (الصين)، أن فيلاً مولودًا حديثًا بكى طوال خمس ساعات من دون توقف بعد أن هجرته أمه... يقول مارك بيكوف: "حتى إن كنا لا نملك بعد دليلاً علميًا متينًا يظهر أن الفيلة، أو غيرها من الحيوانات، قد تبكي متأثرة. لا يمكننا أن نرفض هذا الاحتمال. علينا أن ندرسه بدقة". **K.B.**

# هل للفقاعات كلّها الحجم نفسه في المياه الغازيّة؟

## سؤال طرحه جوفري شامبون، شاتوناي-مالابري (٩٢)



كلا. فإن الفقاعات القريبة من السطح أكبر عموما من الفقاعات التي في القعر. وهذا لسبب وجيه: "كل فقاعة تضم كمية معينة من ثاني أكسيد الكربون الذي يتسرب نحو السطح. إلا أن الفقاعات أثناء صعودها تُحَمَّل بثاني أكسيد الكربون الذي «تسحبه» في طريقها. وبالتالي، كلما كانت الفقاعة في بقعة أعلى في الكوب، كانت أكبر حجمًا"، كما يقول جيرار ليجر-بيلير **Gérard Liger-Belair**، عالم الفيزياء في جامعة رانس شامبان أردين **Reims Champagne-Ardenne** (فرنسا). وحتى لو كانت في قعر الكوب، فحجمها لا يكون نفسه. يقول هذا الباحث موضحًا: "بما أنها لا تنشأ كلها في الوقت نفسه، تكون في مراحل مختلفة من دورة حياتها؛ فالفقاعات «الأقدم» هي أكبر حجمًا". هذا ينطبق على كل المشروبات الغازية: على المياه، وعلى أنواع الصودا أيضًا. مع العلم أنه كلما كان مقدار ثاني أكسيد الكربون الذائب في السائل المعين أقل، كانت الفقاعات أدق. **K.B.**

J.VANUGA/CORBIS - D.KUNKEL/CORBIS - A.DAGAN

# لماذا يكون الجلد أكثر حرارة في مكان الإصابة؟

*سؤال طرحته كاثرين بينتوليلا، بولون (٩٢)*

يحدث ذلك بسبب تفاعل طبيعي لمناعتنا يهدف إلى مكافحة الجرثومة المسببة للإصابة.

إن كانت حرارة بشرتنا تتراوح عادة بين ٣٠ و٣٥ درجة مئوية، بحسب المكان المعين، ففي حال هاجمتها جرثومة، أو فيروس أو فطر، قد ترتفع حرارتها على مستوى الإصابة حتى ٣٧ درجة مئوية بل حتى أعلى من ذلك خلال بضع دقائق.

هذا الالتهاب يهدف إلى تدمير الجرثومة والقضاء عليها. ذلك التفاعل البيولوجي المعقد الذي يطلق عند إصابة البشرة (أو غيرها من الأعضاء)، وأيضًا في حالة حصول جرح، أو حرق، أو حساسية ما، يتميّز بسخونة، وباحمرار أيضًا، وألم وورم (راجع الرسم على اليسار).

يقول ريناتو مونتيرو Renato Monteiro، مدير مركز الأبحاث حول الالتهاب CRI في باريس ومختبر إنفلاميكس Inflamex موضحًا: "يعود ارتفاع الحرارة إلى زيادة في حجم قطر الشعيرات الدموية ونفاذيتها في البشرة المصابة، مما يحدث تدفقًا أعلى من الدم (على حرارة ٣٧ درجة مئوية) وإلى تحرك خلايا من نظام المناعة في النسيج. يؤدي نشاط تلك الخلايا الحاد، إضافة إلى ما يُفْرز في المكان، إلى ارتفاع درجة الحرارة".

لكن قد تتدخل آليات أخرى لاحقًا لأن ذلك الارتفاع في الحرارة في مكان الإصابة لديه دور مضاعف بحسب أولريك بلانك Ulrich Blank المنتسب لمركز الأبحاث عن الالتهاب في باريس CRI-Paris: فهو يساهم في إعاقة تحرك الميكروبات بشكل جيد؛ تكون تلك الميكروبات بالإجمال حساسة للغاية تجاه حرارة تفوق الـ ٣٧ درجة مئوية؛ ويساهم أيضًا في زيادة «قوة خلايا المناعة الضاربة» ويصل عمل تلك الخلايا إلى ذروته عند ٣٨ أو ٣٩ درجة مئوية. **K.B.**

# أي حيوان من بين كل الحيوانات يملك أكبر عدد من الصبغيات؟

*سؤال طرحته جنيفر كادي من سانت ماندي (٩٤)*

تحمل فراشة الأطلس الزرقاء *Polyommatus atlantica* الرقم القياسي مع صبغياتها الـ ٤٠٠. تحصي فاليري فيون **Valérie Fillon**، إختصاصية الوراثة الخلوية في المعهد الوطني للأبحاث الزراعية الفرنسي (**Inra**)، فتقول: "هناك أرقام جميلة أيضا عند الطيور بمقدار ١٣٨ صبغية عند طائر الرفراف أو ١٢٦ صبغية عند الهدهد. لكن إن كانت الطيور تمتلك غالبًا صبغيات أكثر من الثدييات -للإنسان ٤٦ صبغية- فإن كمية حمضها النووي معدلها أقل بثلاث مرات". في الواقع، فإن أحد الحيوانات الثديية، وهي «الأيل مونتجاك» (**Muntiacus muntjak**) يحمل الرقم القياسي المعاكس بـ ٦ صبغيات فقط! بيد أن النظر إلى الكائنات أحادية الخلية مثل الأوالي المهدبة التي تسجل الرقم القياسي بامتلاكها ١٦٠٠٠ صبغي مما يجعلنا نفهم أن الفراشة في الحضيض. إلا أنه بحسب الباحثة فيون "حتى لو كانت تلك الصبغيات النانوية مؤلفة من حمض نووي فإن بنيتها مختلفة كليًا عن بنيتها في الكائنات متعددة الخلايا". **A.P.**

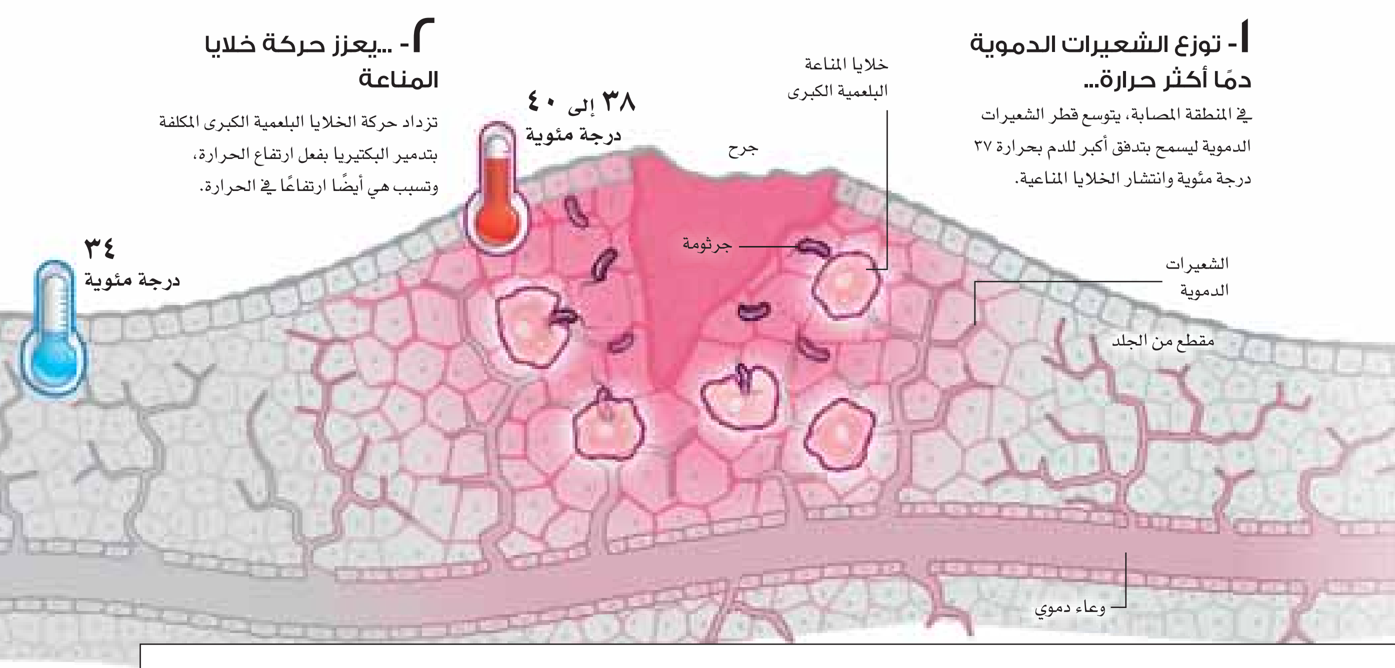
# هل الزُبْدَة الص...

*سؤال طرحه غايلور بيرجيه،*

كلا، الزُبْدَةُ الصناعية ليست أفضل للقلب مقارنة بالدهون الأخرى... وهذا حتى لو أعلنت الماركات عن محتواها من الأحماض الدهنية النباتية غير المشبعة، التي تُعتبر صحية. يقول فيليب لوغران Philippe Legrand، أستاذ الكيمياء الحيوية والتغذية البشرية في كلية الزراعة بمدينة رين Rennes: "إن الخلط بين خطر الإصابة بأمراض القلب والشرايين، والأحماض الدهنية المشبعة والدهون الحيوانية وَلَّدت مبادئ عكسية، بل خطرة.

A.DAGAN - T.MARENT/MINDEN/CORBIS

# تسبب آليتان من آليات المناعة الحرارة الجلدية




# ...ناعية (المرغرين) أفضل فعلاً للقلب؟


بواسي سو سان يون (٩١)


صورة الأحماض الدهنية غير المشبعة المثالية التي ارتسمت في السبعينيات في الولايات المتحدة الأمريكية، ينبغي تصحيحها الآن. تتكوّن زيوت دوّار الشمس، والذرة، والصويا التي تدخل في تركيبة الزُّبَدَة الصناعية بالإجمال من الأوميجا ٦. وثبت اليوم علميًا أنه في حال توفر كميات مفرطة منها، فقد تتسبب في تصلب الشرايين وفي الالتهابات".

فليكن ذلك. لقد زوّد بعض الصناعيين زبدتهم بالأحماض الدهنية أوميجا ٣ ليعيدوا التوازن مع الأوميجا ٦. تكون الزبدة «من نوعية جيدة»، من ذلك الذي يلمع في القسم المبرد في كبريات الأسواق وفي الإعلانات التلفزيونية، وهو مطابق غالبًا مع توصيات السلطات الصحية، مع نسبة أوميجا ٦ وأوميجا ٣ تتراوح بين ٣ و٧.

## تأثيرات مضرة

بحسب فيليب لوغران "يستحسن الطهي أو تتبيل السَلَطات بزيت السلجم، وتناول كمية أكبر من الأسماك أو البيض ليس لتصحيح المقادير المأخوذة من الأوميجا ٣ وامتصاصها بأشكالها المختلفة فحسب، بل أيضا لاستهلاك أنواع أخرى من المغذيات المهمة". وهذا خاصة أن إضافة الفيتوستيرول Phytosterol –آخر ميزة ابتكرها المنتجون لتلميع صورة الزُّبَدَة الصناعية للتوصل إلى تغذية صحية– قد لاقت فشلاً ذريعًا.

تتنافس تلك المواد التي تعتبر بدائل نباتية للكولسترول تتنافس معه لتقلل من امتصاصه على مستوى الأمعاء. تسمح القوانين الأوروبية بالتدوين على الملصقات التجارية دور الفيتوستيرول في تقليص معدل الكولسترول في الدم وبذكر أن ذلك الانخفاض يقلص من أخطار الإصابة بأمراض القلب والشرايين. لكن في شهر يونيو ٢٠١٤، استنتجت لجنة من الخبراء جمعتها الوكالة الوطنية لأمن الغذاء الصحي (Anses) أن "فائدة الفيتوستيرول في موضوع الوقاية من أمراض القلب والشرايين لم يتم إثباتها"، بل أوردت تلك اللجنة تأثيراته السامة: يمكنه في الواقع، بعكس كل التوقعات أن يسرّع عند بعض الأشخاص تصلب الشرايين الدموية.

وهكذا لا تنطوي الزُّبَدَة الصناعية حتى في أفضل الحالات على أية فائدة. لكنها قد تؤثر سلبيًا على الصحة. ومن ثمّ لا تنصح الوكالة الوطنية لأمن الغذاء الصحي بأن يستهلكها الأطفال والحوامل والمرضعات. O.C.

# كيف تتنفس السلحفاة عندما تكون في سبات تحت الأرض؟



*سؤال طرحته ماري جوزي سيلي، كاني (٣٤)*

تقول فلورانس ديل أميكو Florence Dell'Amico، المسؤولة عن التنمية في مركز السلاحف في المربى المائي في لاروشيل La Rochelle (فرنسا) "إنه واقع مثير للغاية. تنخفض حاجتها من الأكسجين بشكل كبير خلال السبات. تبدأ السلاحف في الواقع حالة كامنة من الحياة: تتوقف عن التغذية وتقلّص نشاطاتها الأيضية".

ترتكز تلك القدرة على آليات متعددة، ومتغيّرة بحسب الأنواع. عندما ترتفع الحرارة كثيرًا أو عندما يشتد البرد، وتدفن نفسها في العمق، لتكون في سبات. حيث يمكنها أن تعدّل حرارتها الداخلية وفقًا لحرارة البيئة الخارجية. إنها قادرة أيضًا على تبنّي أيض لاهوائي الذي يسمح لها بإنتاج الطاقة في غياب الأكسجين. لا خوف مطلقًا من أن تنفق مختنقةً.

تضيف عالمة الأحياء قائلة: "زُودت أيضا بآليات تنفس مساعدة مذهلة للتنفس الرئوي ومكيفة مع إقامة مطولة في الماء". وهكذا يمكن للسلاحف المائية الحصول على الأكسجين بتبادل الغاز بين الماء وغشاء حلقها المخاطي، وباسترداد تشغيل مسالكها البولية الغنية بالأوعية الدموية، كما يمكنها الحصول على الأكسجين عن طريق جلدها وقوقعتها. **F.C.**

# ما الذي يدفع مد لسانه عن

*سؤال طرحته سونيا دوماهيدي-*

بحسب علماء الأعصاب، يساعده مد اللسان على التركيز. ذلك أن مدّ اللسان يقلص في الواقع كمية المعلومات الإدراكية التي يعالجها الدماغ ويسمح بتخصيص جهود أكبر للموضوع الذي نريد معالجته. هذا لا يحدّ فحسب من كمية المعلومات الحسية الناجمة عما له صلة بالفم، بل يحدّ أيضا من كمية المعلومات المحركة لأن حركات اللسان انخفضت كثيرًا. في نهاية المطاف،



# الطفل إلى ...دما يُركّز؟

دان، اورليان (٤٥)

لا تعـود الرسـائل التـي يتلقاها الدماغ تسـترعي انتباهه بشكل مكثف مما يرفع من درجة تركيزه. يبدو أن عض الشـفتين أو تخفيض سـرعة السير عندما نركز التفكير لهما التأثير نفسه.

هناك تفسـير آخر يعطيه علماء النفس: هذه وسيلة للإشـارة بطريقة غير شفهية أننا نريد أن ننجح ونعطي أفضل ما لدينا للتوصل إلى ذلك. يسـتمر هـذا النـوع من التصـرف عند مـن يبلغ سـن الرشـد، لكنه يترجـم عند ذلك بضغضـغة القلم مثلاً. **K.B.**



V عندما تصطدم الأمواج بقعر البحر، تتوجه بصورة طبيعية نحو الشاطئ.

# لماذا تتوجّه الأمواج دائمًا نحو الشّاطئ؟

*سؤال طرحه داميان دوكروز، جوي (٣٩)*

عندما تقترب الأمواج من الساحل، يوجهها عمق البحر غير المنخفض إلى الشاطئ بصورة متوازية. بحسب ما يقوله ريشارد شوب **Richard Schopp**، الباحث في مختبر فيزياء المحيطات في بريست **Brest** (فرنسا): "عندما تنشأ الأمواج تذهب في الاتجاهات كلها". إنها تَلد في عرض البحر عند هبوب عواصف عاتية تشوّه طبقات الماء السطحية. قد يصل ارتفاع الأمواج الكبيرة إلى ٢٠٠ متر بين قمتين متتاليتين، ويمكنها عبور أكثر من ٤ آلاف كلم قبل أن تتكسر على الساحل. وعندما تكون بعيدة ببضعة كيلومترات من الساحل، قد تتحرك بعضها بطريقة عمودية بالنسبة إلى الشاطئ.

يضيف ريشارد شوب **Richard Schopp** قائلاً: "على بعد بضعة مئات الأمتار فقط من الشاطئ، تكتسب الأمواج ذلك التوجه الموازي للشاطئ الذي يعطي الانطباع بأنها تتوجه نحوه".

التفسير: عندما يصبح عمق البحر أقل من نصف الطول الموجي للموجة، تصل الموجة إلى القعر البحري وتبطأ سرعتها. وهكذا، عندما تصل موجة بصورة مائلة إلى الشاطئ، يتحرك قسمها الجانبي الذي يكون فيه العمق البحري أكبر، بسرعة تفوق سرعة قسمها الأقرب من الشاطئ. مما يجعل الموجة تدور تدريجيًا إلى أن تصبح واجهتها موازية للساحل. وبالعكس، على طول ساحل ينحدر فيه القعر بقوة، نرى الموجة تتكسر في الجهات كلها! **K.B.**

M.KEIJSER/PLAINPICTURE

(1) QUESTIONS RÉPONSES, Science & Vie 1167, P 122-127

## في العدد القادم



# ما أجمل المدينة ليلاً






مجلة العلوم والتقنية للفتيان على الموقع الإلكتروني

http://publications.kacst.edu.sa



مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية الرقم: ٣٤٠١١٣ رقم الوثيقة : 05P0031-BKT-0001-AR01